

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektrotechniky**

**Vytvorenie projektovej dokumentácie budovy so zameraním na  
zníženie energetickej náročnosti**

**Creation of Project Documentation for a Building with a Focus on  
Reducing Energy Independence**

# Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jaroslav Štefanec**

Studijní program: N2661 Projektování elektrických systémů a technologií

Téma: Vytvoření projektové dokumentace budovy se zaměřením na snížení energetické náročnosti.  
Creation of Project Documentation for a Building with a Focus on Reducing Energy Independence.

Jazyk vypracování: čeština

## Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce bude vytvoření projektové dokumentace budovy se zaměřením na snížení její energetické náročnosti. Úvodem bude popsána problematika budov s nízkou energetickou náročností, jejich kategorické rozdělení a návrh opatření pro snížení energetické náročnosti vybrané budovy. Dále se práce bude zabývat základním legislativním rámcem provozování slunečních elektráren a jejich připojování do distribuční soustavy, jejich ochranou před bleskem a přepětím a rovněž aktuálními dotačními možnostmi. Práce bude rovněž obsahovat popis komponentů, které budou použity k řízení systémů v budově. Hlavní částí diplomové práce bude zpracování projektové dokumentace s návrhem fotovoltaického systému. V závěru práce bude provedeno energetické a ekonomické zhodnocení navrženého systému.

1. Základní rozdělení a popis budov s velmi nízkou energetickou náročností, návrh opatření pro snížení energetické náročnosti vybrané budovy.
2. Základní legislativní rámec provozování slunečních elektráren (FVE) a jejich připojování do distribuční soustavy. Ochrana FVE před bleskem a přepětím.
3. Rozbor dotačních příležitostí pro fotovoltaické systémy (FVS)
4. Návrh a dimenzování FVS, výpočty energetických zisků, samotný návrh FVS.
5. Vytvoření projektové dokumentace
6. Porovnání a zhodnocení energetických a ekonomických parametrů

## Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Vaverka, J.: Stavební tepelná technika a energetika budov. Nakladatelství VUTIUM. Brno, 2006. ISBN 8021429100 648s
- [2] Haselhuhn, R.: Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu. Ostrava: HEL, 2011. ISBN 978-80-86167-33-6.
- [3] Legislativa pro fotovoltaické elektrárny [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/legislativa-fotovoltaiky/>
- [4] OSTROVNÍ SYSTÉMY (OFF-GRID). Solarmonitoring [online]. [cit. 2017-11-08]. Dostupné z: <http://www.solarmon.eu/cz/produkty-a-sluzby/ostrovni-systemy-off-grid/>
- [5] Garlík, B.: B8 – Zásady provádění elektroinstalací při realizaci budov dle principu trvale udržitelné výstavby. NSC Brno, 2012, ISBN 978-80-87665-28-2
- [6] Merz, H., Hansemann, T., Hubner Ch.: Automatizované systémy budov, Grada Publishing, a.s., Praha, 2009, 250 stran, ISBN 978-80-247-2367-9
- [7] Garlík, B.: Inteligentní budovy, BEN – technická literatura, Praha, 2012. ISBN: 978-80-7300-440-8.
- [8] Garlík, B.: Elektrotechnika a inteligentní budovy, ČVUT v Praze, Nakladatelství ČVUT, 2014.

- [9] MERZ, Hermann, Thomas Hansemann, Christof Hübner. Automatizované systémy budov. Praha: Grada Publishing, a.s., 2007
- [10] ČSN EN 61439-1 ed. 2 Rozváděče nízkého napětí - Část 1: Všeobecná ustanovení. Praha: ÚNMZ, 2012, Třídící znak: 357107.
- [11] ČSN EN 61730-2 ed. 2 Způsobilost k bezpečné činnosti fotovoltaických (PV) modulů - Část 2: Požadavky na zkoušení, Praha: ÚNMZ, 2008, Třídící znak: 364650.
- [12] ČSN EN 61557-1 ed. 2 Elektrická bezpečnost v nízkonapětových rozvodných sítích se střídavým napětím do 1 000 V a se stejnosměrným napětím do 1 500 V - Zařízení ke zkoušení, měření nebo sledování činnosti prostředků ochrany - Část 1: Všeobecné požadavky, Praha: ÚNMZ, 2008, Třídící znak: 356230.
- [13] ČSN 33 2000-7-712 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 7-712: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Fotovoltaické (PV) systémy, Praha: ÚNMZ, 2016, Třídící znak: 332000.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Roman Hrbáč, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

### **Prehlásenie študenta**

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracoval samostatne. Uviedol som všetky literárne  
pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

V Nemšovej dňa 14.5.2020



.....  
Podpis študenta

## **PodĎakovanie**

Rád by som poďakoval Ing. Romanovi Hrbáčovi, Ph.D. za odbornú pomoc a konzultácie pri vytváraní tejto diplomovej práce. Ďalej chcem poďakovať svojej rodine, za jej podporu a trpezlivosť, a v neposlednom rade svojej priateľke, za jej psychickú ako aj fyzickú podporu, počas tvorby tejto práce.

## **Abstrakt**

Diplomová práca je zameraná na vytvorenie projektovej dokumentácie pre budovu so zameraním na zníženie energetickej náročnosti. Práca je rozdelená do šiestich kapitol. Prvá kapitola popisuje rozdelenie budov s nízkou energetickou náročnosťou, analýzu súčasného stavu a návrh opatrení na zníženie energetickej náročnosti pre vybraný rodinný dom. Práca ďalej popisuje základný legislatívny rámec prevádzkovania slnečných elektrární, ich pripojovanie do distribučnej sústavy, základné požiadavky kladené na ochranu týchto zariadení pred bleskom a prepätím a tiež rozbor dotačných príležitostí pre fotovoltaičné systémy. Ďalej sa práca zaoberá vytvorením návrhu fotovoltaičného systému v profesionálnom programe PV SOL a popisom jednotlivých komponentov. Piata kapitola diplomovej práce je zameraná na vytvorenie projektovej dokumentácie pre navrhnutý fotovoltaičný systém. V poslednej časti tejto práce je popísané energetické a ekonomické porovnanie a vyhodnotenie navrhnutého fotovoltaičného systému a všetkých navrhovaných opatrení pre vybraný rodinný dom.

## **Kľúčové slová**

energetická náročnosť budov, energetické štandardy, ochrana pred bleskom, fotovoltaičný systém, fotovoltaičná elektráreň, dotácie, ekonomické zhodnotenie

## **Abstract**

The diploma thesis is focused on the creation of project documentation for a building with a focus on reducing energy intensity. Diploma thesis is divided into six chapters. The first chapter describes the division of buildings with low energy intensity, analysis of the current state and the proposal of measures to reduce energy intensity for a selected family house. Thesis further describes the basic legislative framework for the operation of solar power plants, their connection to the distribution system, the basic requirements for the protection of these devices from lightning and overvoltage and the analysis of subsidy opportunities for photovoltaic systems. Thesis then deals with the creation of a photovoltaic system design in the professional program PV SOL and the description of individual components. The fifth chapter of the diploma thesis is focused on the creation of project documentation for the proposed photovoltaic system. The last part of this work describes the energy and economic comparison and evaluation of the proposed photovoltaic system and all proposed measures for a selected family house.

## **Keywords**

energy performance of buildings, energy standards, lightning protection, photovoltaic system, photovoltaic power station, subsidies, economic evaluation



# Obsah

Zoznam použitých symbolov .....	10
Zoznam použitých skratiek .....	11
Zoznam obrázkov .....	12
Zoznam tabuliek .....	13
Úvod .....	14
1 Základné rozdelenie a popis budov s veľmi nízkou energetickou náročnosťou, návrh opatrení na zníženie energetickej náročnosti vybranej budovy .....	15
1.1 Základné rozdelenie a popis budov s veľmi nízkou energetickou náročnosťou .....	15
1.2 Preukaz energetickej náročnosti budovy (PENB) .....	17
1.2.1 Teoretický výpočet ENB .....	18
1.2.2 Výpočet ENB pre konkrétny rodinný dom .....	21
1.3 Navrhované opatrenia a varianty .....	26
1.3.1 Opatrenie č.1 (OP1) = Fotovoltaická elektráreň (FVE) .....	26
1.3.2 Opatrenie č.2 (OP2) = Tepelné čerpadlo .....	27
1.3.3 Opatrenie č.3 (OP3) = Nútené vetranie so spätným získavaním tepla .....	29
1.3.4 Opatrenie č.4 (OP4) = Spätné získavanie energie z teplej odpadovej vody .....	30
1.3.5 Varianty .....	30
2 Základný legislatívny rámec prevádzkovania slnečných elektrární a ich prípájanie do distribučnej sústavy. Ochrana pred bleskom a prepätím .....	31
2.1 Základný legislatívny rámec prevádzkovania slnečných elektrární a ich prípájanie do distribučnej sústavy .....	31
2.1.1 Podmienky pripojenia k elektrizačnej sústave .....	31
2.2 Rozdelenie fotovoltaických systémov .....	32
2.3 Ochrana pred bleskom a prepätím .....	33
2.3.1 Vonkajšia ochrana pred bleskom (bleskozvod) .....	33
2.3.2 Vnútoraná ochrana pred bleskom .....	34
2.3.3 Ochrana pred prepätím .....	35
3 Rozbor dotačných príležitostí pre fotovoltaické systémy .....	36
3.1 Dotačný program OPPIK Úspory Energie .....	36
3.2 Dotačný program Nová zelená úsporám .....	36
3.2.1 Oblasti podpory a podmienky poskytovania podpory .....	37
3.2.2 Podanie žiadosti o podporu z programu NZÚ .....	40
4 Návrh a dimenzovanie FVS, výpočty energetických ziskov, samotný návrh FVS .....	41
4.1 Návrh a dimenzovanie FVS .....	41
4.2 Výpočty energetických ziskov .....	41
4.3 Návrh fotovoltaickej elektrárne .....	43
4.3.1 Popis riešeného objektu .....	43
4.3.2 Zvolené komponenty .....	44
4.3.3 Návrh fotovoltaického systému v programe PV SOL .....	47
5 Vytvorenie projektovej dokumentácie .....	55
5.1 Svetelná časť projektovej dokumentácie .....	56
5.1.1 Riadiaci modul PCR .....	56
5.1.2 Navrhnuté označovanie v svetelnej časti projektovej dokumentácie .....	58



5.1.3	Ďalšie časti projektovej dokumentácie osvetlenia.....	59
5.2	Výkresová časť projektovej dokumentácie navrhnutého FVS.....	60
5.2.1	Jednopolová schéma napojenia FVE na DS.....	60
5.2.2	Schéma rozvádzača + FVE1.....	61
6	Porovnanie a zhodnotenie energetických a ekonomických parametrov .....	62
6.1	Porovnanie a zhodnotenie navrhnutého FVS.....	62
6.1.1	Financovanie navrhovaného FV systému.....	64
6.2	Porovnanie a zhodnotenie navrhnutých opatrení / variant .....	66
6.2.1	Zadávanie potrebných informácií pre finančnú analýzu: .....	66
6.2.2	Výsledky finančnej analýzy jednotlivých opatrení a variant:.....	66
6.2.3	Vyhodnotenie navrhovaných opatrení a variant:.....	69
6.3	Porovnanie a zhodnotenie zvolenej varianty s využitím dotácií NZÚ .....	70
Záver .....		73
Zoznam použitej odbornej literatúry .....		75
Zoznam príloh .....		76

## Zoznam použitých symbolov

Symbol	Jednotka	Význam symbolu
$A$	[m <sup>2</sup> ]	Celková plocha všetkých konštrukcií
$A_{f,int,i}$	[m <sup>2</sup> ]	Podiel podlahovej plochy
$C$	[Ah]	Kapacita akumulátora
$C10$	[Ah]	Využitelná kapacita batérie vzťahnutá k dobe vybíjania 10h
$DoD$	[%]	Hĺbka vybitia batérie
$E_a$	[kWh/m <sup>2</sup> rok]	Požadovaná merná potreba tepla na vykurovanie
$E_H$	[kWh/m <sup>2</sup> rok]	Merná dielčia dodaná energia
$Em$	[lx]	Vzťažná požiadavka na udržovanú
$EP_A$	[kWh/m <sup>2</sup> rok]	Celková dodaná merná energia do budovy
$E_{pN, A}$	[kWh/m <sup>2</sup> rok]	Požadovaná hodnota neobnoviteľnej primárnej energie
$F_{CA}$	[-]	Činiteľ plošného využitia
$F_L$	[-]	Korekčný činiteľ typu zdroja umelého osvetlenia
$F_{MF}$	[-]	Korekčný činiteľ započítania činiteľa údržby
$f_{P,en}$	[-]	Faktor celkovej primárnej Energie
$f_{PN,en}$	[-]	Faktor neobnoviteľnej primárnej energie
$f_R$	[-]	Redukčný činiteľ
$H_T$	[W/K]	Merná strata prestupom tepla celej obálky
$p_{L,A}$	[W/m <sup>2</sup> ]	Výsledná merná požiadavka na príkon umelého osvetlenia
$p_{L,lx}$	[W/m <sup>2</sup> lx]	Základná merná požiadavka na príkon umelého osvetlenia
$P_N$	[W]	Príkon osvetľovacej sústavy
$pn_A$	[W]	Výpočtový príkon
$PR$	[%]	Výnosnosť fotovoltaiického systému
$Q$	[Wh]	Spotrebovaná tepelná energia spotrebičom
$Q_{Wd}$	[kWh/rok]	Tepelná strata distribučného systému
$U_{em}$	[W/(m <sup>2</sup> K)]	Priemerný súčiniteľ prestupu tepla obálkou budovy
$U_{em,N}$	[W/(m <sup>2</sup> K)]	Požadovaný priem. súčiniteľ prestupu tepla obálky budovy

## Zoznam použitých skratiek

Skratka	Význam skratky
AC	Striedavý prúd
CPU	Mikroprocesor
DC	Jednosmerný prúd
DI	Digitálny vstup
DO	Digitálny výstup
DS	Distribučná sústava
ENB	Energetická náročnosť budovy
ERÚ	Energetický regulačný úrad
FVE	Fotovoltaická elektrárň
FVS	Fotovoltaický systém
HOP	Hlavná ochranná prípojnice
HVFE	Hybridná fotovoltaická elektrárň
JV	Juhovýchod
JZ	Juhozápad
LEMP	Elektromagnetický impulz bleskového prúdu
LPL	Hladina ochrany pred bleskom
LPS	Vonkajšia zachytávacia sústava pred bleskom
LPZ	Zóna ochrany pred bleskom
MPP	Bod maximálneho výkonu
MPPT	Sledovač bodu maximálneho výkonu
NN	Nízke napätie
NZEB	Budova s veľmi nízkou energetickou náročnosťou
NZÚ	Nová zelená úsporám
OP	Opatrenie
OPPIK	Operačný program podnikania a inovácie pre konkurencieschopnosť
OZE	Obnoviteľné zdroje energie
PENB	Preukaz energetickej náročnosti budovy
RD	Rodinný dom
SCOP	Sezónny vykurovací faktor
TČ	Tepelné čerpadlo
TOV	Teplá odpadová voda
TÚV	Teplá úžitková voda
TV	Teplá voda
TZB	Technické zabezpečenie budov
COP	Vykurovací faktor
VAR	Varianty

## Zoznam obrázkov

Obr. 1.1 Grafická podoba programov pre projektantov a architektov .....	18
Obr. 1.2 Grafická podoba programov pre špecialistov .....	18
Obr. 1.3 Energetický štítok obálky budovy .....	19
Obr. 1.4 Zobrazenie výsledkov navrhnutého FVE systému v grafe.....	27
Obr. 1.5 Princíp napojenia a funkcie systému AKIRETHERM.....	30
Obr. 2.1 Hlavné vyrovnanie potenciálov .....	34
Obr. 2.2 Škody vznikajúce na FVS podľa početnosti .....	35
Obr. 4.1 Výstup energetických ziskov pre JV časť strechy v programe PVGIS .....	42
Obr. 4.2 Zobrazenie strechy pre návrh FVE s natočením na svetové strany .....	43
Obr. 4.3 Štruktúra vrstiev panelov Calyxo série CX3.....	44
Obr. 4.4 Solárny regulátor Victron Energy MPPT 250/100–Tr .....	45
Obr. 4.5 Multifunkčného meniča Victron MultiPlus 48/5000 .....	46
Obr. 4.6 Batéria Narada REXC-200.....	46
Obr. 4.7 Zvolený typ FV systému – FVS pripojený na DS a lokálnu sieť z akumulátormi.....	47
Obr. 4.8 Zadané hodinové rozloženie nedeľnej spotreby v percentách .....	48
Obr. 4.9 Rozmiestnenie FV panelov na juhozápadnej (JZ) časti strechy.....	49
Obr. 4.10 Rozmiestnenie FV panelov na juhovýchodnej (JV) časti strechy.....	49
Obr. 4.11 Ukotvenie nosnej konštrukcie pre FV panely a panelov do tejto konštrukcie.....	50
Obr. 4.12 Konfigurácia modulov - rozdelenie do stringov (farebné skupiny) .....	50
Obr. 4.13 Navrhované zapojenie a trasovanie káblov (JZ strecha).....	51
Obr. 4.14 Prepájanie zvolených komponentov navrhovanou kabelážou z popisom.....	52
Obr. 4.15 Grafická prognóza výnosov so spotrebou pre navrhovaný FVS (16 ks batérii) .....	53
Obr. 4.16 3D náhľad na navrhnutý FV systém ako súčasť prezentácie .....	54
Obr. 5.1 Vlastný návrh riadiaceho modulu PCR .....	56
Obr. 5.2 Pripojenie vstupov a výstupov 12V (spätnej väzby) k modulu PCR_B .....	57
Obr. 5.3 Ukážka použitého značenia v dokumentácii (vľavo svetlá, vpravo ovládanie svetiel) .....	58
Obr. 5.4 Prehľadová schéma rozvádzača RS2+RM2 .....	59
Obr. 5.5 Zjednodušená schéma (blok) rozvádzača +FVE1 .....	61
Obr. 6.1 Programovateľný regulátor pre optimalizáciu vlastnej spotreby (Wattrouter) .....	65
Obr. 6.2 Diskontované Kumulované Cash Flow opatrení 1-4 .....	68
Obr. 6.3 Diskontované kumulované Cash Flow variant 1-6.....	68
Obr. 6.4 PENB stávajúceho stavu so stavom po realizácii opatrenia.....	69
Obr. 6.5 Ukazovatele ENB stávajúceho stavu s navrhovaným stavom .....	70
Obr. 6.6 Postup tvorby energetického hodnotenia NZÚ v software DEKSOFT .....	71
Obr. 6.7 Vyhodnotenie splnenia požiadaviek podoblastí dotácie z programu „NZÚ“ .....	71

## Zoznam tabuliek

Tabuľka 1.1 <i>Parametre a hodnoty referenčnej budovy</i> .....	16
Tabuľka 1.2 <i>Požiadavky na energetické štandardy budovy</i> .....	17
Tabuľka 1.3 <i>Konverzné faktory často používaných energonositeľov</i> .....	20
Tabuľka 1.4 <i>Zadané hodnoty obálky budovy</i> .....	21
Tabuľka 1.5 <i>Tepelné zdroje na vykurovanie (stávajúci stav)</i> .....	23
Tabuľka 1.6 <i>Tepelné zdroje na ohrev TV (stávajúci stav)</i> .....	23
Tabuľka 1.7 <i>Hodnoty umelého osvetlenia v RD</i> .....	23
Tabuľka 1.8 <i>Rozdelenie dielčích dodaných energií podľa energonositeľov</i> .....	25
Tabuľka 1.9 <i>Hodnoty zadané do programu FVE</i> .....	26
Tabuľka 1.10 <i>Tepelné zdroje na vykurovanie (OP2)</i> .....	28
Tabuľka 1.11 <i>Porovnanie vypočítaných energií vykurovacej sústavy (stávajúca a navrhovaná)</i> .....	29
Tabuľka 1.12 <i>Kombinácie navrhovaných opatrení jednotlivých variant</i> .....	30
Tabuľka 3.1 <i>Špecifikácie a podmienky dotácií pre podnikateľov</i> .....	36
Tabuľka 3.2 <i>Požadované parametre v podoblastiach C.3.4, C.3.5, C.3.6, C.3.7 a C.3.8</i> .....	38
Tabuľka 3.3 <i>Výška podpory pre oblasť podpory C.3</i> .....	39
Tabuľka 4.1 <i>Výpočet finančnej náročnosti projektu zadávanej do programu PV SOL</i> .....	53
Tabuľka 6.1 <i>Vyhodnotenie navrhnutého FVS s počtom batérií 16 ks</i> .....	62
Tabuľka 6.2 <i>Vyhodnotenie navrhnutého FVS s počtom batérií 12 ks</i> .....	63
Tabuľka 6.3 <i>Vyhodnotenie navrhnutého FVS s počtom batérií 8 ks</i> .....	63
Tabuľka 6.4 <i>Vyhodnotenie navrhnutého FVS s počtom batérií 4 ks</i> .....	63
Tabuľka 6.5 <i>Vyhodnotenie zvoleného navrhnutého FVS z využitím dotácií C.3.6</i> .....	65
Tabuľka 6.6 <i>Porovnanie jednotlivých opatrení a variant so stávajúcim stavom (SS)</i> .....	67
Tabuľka 6.7 <i>Finančná podpora pre navrhované opatrenia poskytnutá prostredníctvom NZÚ</i> .....	71
Tabuľka 6.8 <i>Rozpis využitých dotácií NZÚ a ich vplyv na celkové náklady opatrení</i> .....	72
Tabuľka 6.9 <i>Porovnanie finančnej analýzy pre VAR2 bez využitia dotácií a s využitím dotácií</i> .....	72

# Úvod

V súčasnosti je veľmi častou témou znižovanie energetickej spotreby a ochrana životného prostredia. Už pri pohľade do histórie, môžeme vidieť snahu ľudí znižovať energetickú spotrebu a táto snaha sa samozrejme neustále zväčšuje. V dnešnej dobe sa však už nedbá iba na vyčerpanie stávajúcich miestnych zdrojov energie, ako tomu bolo v minulosti, ale prikladá sa čoraz väčší dôraz aj na vplyvy emisií, vznikajúcich pri spotrebovávaní energie, na životné prostredie. Vznikajú čoraz väčšie požiadavky na minimalizovanie spotreby a s tým súvisiace požiadavky na znižovanie najmä tepelných strát objektov.

Cieľom diplomovej práce je vypracovanie projektovej dokumentácie budovy so zameraním na zníženie energetickej náročnosti. Práca je rozdelená do šiestich hlavných kapitol. V prvej kapitole sa zaoberám energetickou náročnosťou budov a ich kategorickým rozdelením. Popisujem postup hodnotenia energetickej náročnosti a aplikovanie tohto postupu pre konkrétny rodinný dom. Na dosiahnutie maximálneho zníženia energetickej náročnosti konkrétneho domu, budú vypracované opatrenia a varianty. Návrh fotovoltaikej elektrárne, jej inštalácia a prevádzkovanie podlieha určitým legislatívnym predpisom. Tejto problematike sa venujem v ďalšej časti. Popisujem základné legislatívne požiadavky týkajúce sa prevádzkovania fotovoltaikej elektrárne a jej pripojenie do distribučnej sústavy a taktiež spôsoby ochrany fotovoltaikeho systému pred bleskom a prepätím. Súčasťou diplomovej práce je aj rozbor dotačných príležitostí pre fotovoltaičné systémy. Definujem základné požiadavky kladené na žiadateľov čerpania podpory rôznych aktuálnych dotačných programov v Českej republike. Práca je ďalej zameraná na samotný návrh fotovoltaikeho systému pre konkrétny rodinný dom. Popisujem návrh a výber jednotlivých komponentov hybridného fotovoltaikeho systému budovy. Tento systém bude navrhovaný pre dosiahnutie čo najväčšieho stupňa sebestačnosti budovy s ohľadom na finančné parametre takejto investície. V ďalšej časti popisujem návrh jednotlivých používaných systémov budovy podieľajúcich sa na celkovej dokumentácii. V tejto kapitole sú vysvetlené najdôležitejšie časti navrhovaných riešení a tieto vysvetlenia sú základnými poznatkami pre pochopenie jednotlivých častí projektovej dokumentácie. V záverečnej časti tejto práce je vytvorené kompletné zhodnotenie všetkých navrhovaných opatrení a variant na zníženie energetickej náročnosti konkrétnej budovy. Toto porovnanie je vytvorené v závislosti na energetickej a ekonomickej výhodnosti. Výsledkom je jednoznačné vyhodnotenie najvhodnejšej varianty, vedúcej k zníženiu energetickej náročnosti, doporučenej pre konkrétnu budovu. Vypracovaná je finančná analýza a porovnanie pre možné spôsoby financovania takejto investície. Výsledkom finančnej analýzy je porovnanie a zhodnotenie vplyvu využitia dotačných možností pre znižovanie energetickej náročnosti budovy vybranými opatreniami.

# 1 Základné rozdelenie a popis budov s veľmi nízkou energetickou náročnosťou, návrh opatrení na zníženie energetickej náročnosti vybranej budovy

Táto časť diplomovej práce sa zaoberá základným rozdelením a popisom budov s veľmi nízkou energetickou náročnosťou. Ďalej sa zaoberá návrhom opatrení a variant pre zníženie energetickej náročnosti konkrétneho rodinného domu. Obsahuje taktiež výpočet energetickej náročnosti rodinného domu pre stávajúci stav a všetky navrhované opatrenia a varianty.

## 1.1 Základné rozdelenie a popis budov s veľmi nízkou energetickou náročnosťou

Od roku 2016 postupne nabieha legislatívna povinnosť na výstavbu budov s nízkou energetickou náročnosťou. V českej republike je platná norma ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov, ktorá tiež popisuje kategórie budov od nízkoenergetických až po nulové a plusové domy. Energetickú náročnosť budov upravuje smernica európskeho parlamentu a rady 2010/31/EU. Česká republika túto smernicu prijala zákonom č. 318/2012 Sb., ktorá je novelou zákona č. 406/2000 Sb. o hospodárení s energiou. Ďalej vyhláškou č. 78/2013 Sb., o energetickej náročnosti budov. Podľa vyhlášky sa robí výpočet celkových dodaných energií do budovy, ktoré sa porovnávajú s referenčnou budovou. To slúži ako podklad pre vydanie preukazu energetickej náročnosti budovy. Od januára 2020 sa táto povinnosť týka už aj budov a rodinných domov s podlahovou plochou menšou ako 350 m<sup>2</sup>. [3]

Vzhľadom na podobnosť niektorých štandardov často dochádza k rôznym nepresným informáciám týkajúcich sa energetických štandardov budov a je preto veľmi dôležité pochopiť správne definície jednotlivých pojmov. Na prvý pohľad podobné pojmy môžu byť definované inými technickými kritériami alebo sú definované rovnakými kritériami, ktoré sú však stanovené na základe iných okrajových podmienok a iných postupov výpočtu. [2] Výpočty, ktoré vedú k stanoveniu konkrétneho štandardu budovy vychádzajú vo väčšine prípadov z vypočítaných čísel a nie z hodnôt zameraných reálnym používaním budovy. Hodnoty, ktoré definujú budovy z hľadiska ich energetickej náročnosti sú:

- požadovaná merná potreba tepla na vykurovanie  $E_a$  [kWh/m<sup>2</sup>rok]
- požadovaná hodnota neobnoviteľnej primárnej energie  $E_{pN, A}$  [kWh/m<sup>2</sup>rok]
- priemerný súčiniteľ prestupu tepla obálkou budovy  $U_{em}$  [W/(m<sup>2</sup>K)]
- celková dodaná merná energia do budovy  $EP_A$  [kWh/m<sup>2</sup>rok] [3]

Podľa týchto hodnôt sa budovy zaraďujú do jedného z nasledovných energetických štandardov:

**Novostavby (do 1.1.2020)** - Požiadavky na novostavby do 1.1.2020 boli prezentované výpočtovým ohodnotením a zaradením podľa PENB v jednej z 7 kategórii „A – G“. Toto hodnotenie nemá pevne stanovené parametre v absolútnych hodnotách a požiadavka na novostavby bola dosiahnuť pri porovnaní budovy s referenčnou budovou rovnakých vlastností triedu „C“ v PENB. [3]



**Nízkoenergetická budova** - je základným štandardom, ktorý sa objavuje v témach energetiky budov. Môžeme povedať, že ide o predchodcu pasívneho štandardu, avšak s ohľadom na technický pokrok a čoraz väčšie sprísňovanie legislatívnych požiadaviek sa tento pojem „nízkoenergetický“ postupne vytráca. Je to spôsobené aj faktom, že dnešné novostavby väčšinou spĺňajú tento štandard aj bez toho, aby boli s týmto zámerom navrhované. [3]

**Budova s takmer nulovou spotrebou energie (NZEB)** - Tento štandard je ako jediný legislatívne záväzný a uvádza ho Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetickej náročnosti budov. Hlavným zámerom je zníženie spotreby energie budov o 20%. NZEB sa všeobecne rozumie budova s nízkou energetickou náročnosťou, kde je spotreba krytá v značnom rozsahu z obnoviteľných zdrojov. Tým dôjde k sprísneniu požiadaviek na ukazovatele energetickej náročnosti. Budova musí požiadavku na neobnoviteľnú primárnu energiu dosiahnuť zlepšením parametrov obálky budovy a zvýšením podielu systémov využívajúcich OZE. [3]

Prvou požiadavkou je použitie redukčného činiteľa pre súčiniteľ prestupu tepla  $f_R = 0,7$  pri výpočte energetickej náročnosti budovy. Týmto činiteľom je zredukovaná hodnota  $U_{em}$ , ktorá je vypočítaná podrobným zadaním súčiniteľov prestupu tepla jednotlivých konštrukcií obálky budovy a referenčnej prirážky na vplyv tepelných väzieb podľa ČSB 730540-2. Zjednodušene sa jedná o zníženie súčiniteľov prestupu tepla o **30%** oproti uvažovanej hodnote dokončených budov a ich zmien a o **10%** oproti bežným požiadavkám na novostavby do roku 2020. [3]

Tabuľka 1.1 *Parametre a hodnoty referenčnej budovy*

Parameter	Označenie	Jednotky	Referenčná hodnota		
			Dokončená budova a jej zmena	Nová budova	NZEB
Redukčný činiteľ požadovanej hodnoty $U_{em}$	$f_R$	-	1,0	0,8	0,7

Druhou a tretou požiadavkou je pokrytie spotreby energie z OZE. Je stanovená požiadavka na zníženie hodnoty neobnoviteľnej primárnej energie stanovenej pre referenčnú hodnotu. To sa odvíja od použitého zdroja energie a spotrebovanej energie v budove. Požiadavka je vo vyhláske špecifikovaná pomocou percentuálneho zníženia primárnej neobnoviteľnej energie referenčnej budovy (Tabuľka 1.1). To znamená, že sa vypočíta hodnota referenčnej budovy s parametrami  $f_R = 0,7$  a ďalšími vstupmi potrebnými pre definíciu referenčnej budovy. Takto vypočítaná spotreba energie sa potom zníži na strane primárnej neobnoviteľnej energie budovy o 25%. Zníženie je možné dosiahnuť využitím zdrojov energie s nižším faktorom primárnej neobnoviteľnej energie, vyššou účinnosťou zdrojov tepla alebo využitím OZE. [3]

**Pasívne budovy** - tento štandard je dnes považovaný za najpokročilejší, čo sa týka stavebných riešení. Je definovaný, okrem mernej potreby tepla na vykurovanie a požiadavkami na primárnu neobnoviteľnú energiu, aj požiadavkami na neprievzdušnosť obálky budovy alebo maximálny počet prekročení povolenej teploty vnútorného vzduchu v letnom období. Výpočtová metóda pre hodnotenie pasívneho domu, tzv. PHPP je založená na rovnakom princípe, ako väčšina výpočtových postupov pre hodnotenie ENB a je popísaná v ČSN EN ISO 13790. Tento štandard nie je v Českej republike legislatívne zakotvený a jedná sa skôr o dobrovoľný štandard zo strany investorov. Požiadavky na tento štandard zhruba zodpovedajú požiadavkám programu NZÚ na novostavby. Budova v takomto štandarde

musí disponovať systémom núteného vetrania so spätným získavaním tepla (s rekuperáciou) pre zníženie tepelných strát vetraním. [3]

**Budova s veľmi nízkou energetickou náročnosťou** - tento termín je používaný najmä v dotačnom titule NZÚ v oblasti podpory novostavieb rodinných domov. Vstupné údaje pre výpočet tohto štandardu sú opäť odlišné, ako pri vyššie zmieňovaných štandardoch (pasívny a energeticky pasívny). V tomto prípade sa výpočet robí v súlade s platnou vyhláškou č. 78/2013 Sb. o ENB. Energeticky vzťažná plocha je v tomto prípade stanovená z vonkajších rozmerov budovy čo samozrejme opäť vedie k iným výsledkom. [3]

**Energeticky plusový dom** - tento štandard a jeho definícia doposiaľ nie je legislatívne zakotvená, avšak v bežných kontextoch sa takémuto pojmu rozumie, ako domu, ktorý je ešte úspornejší ako pasívny, a ktorý je zároveň schopný z vlastných obnoviteľných zdrojov vyrobiť viac energie, ako sám dokáže spotrebovať. [3]

Tabuľka 1.2 Požiadavky na energetické štandardy budovy

Energetický štandard budovy	$E_a$ [kWh/m <sup>2</sup> rok]	$E_{pN, A}$ [kWh/m <sup>2</sup> rok]
Novostavby	podľa tvaru <b>40-90</b> malé objekty > <b>100</b>	podľa tvaru <b>120-200</b> malé objekty > <b>240</b>
Nízkoenergetická budova	<b>≤ 50</b>	-
Budova s takmer nulovou spotrebou energie (NZEB)	podľa tvaru <b>30-70</b> malé objekty > <b>80</b>	podľa tvaru <b>100-160</b> malé objekty > <b>200</b>
Pasívne budovy	<b>15</b>	<b>≤ 60</b>
Budova s veľmi nízkou energetickou náročnosťou	<b>15 alebo 20</b>	-
Energeticky plusový dom	<b>&lt; 15</b>	<b>&lt; 0</b>

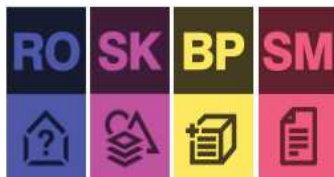
## 1.2 Preukaz energetickej náročnosti budovy (PENB)

Vzhľadom na čoraz prísnejšie požiadavky kladené na energetickú náročnosť nových budov a znižovanie náročnosti stávajúcich budov je čoraz väčší dopyt po vyhotoveniach PENB. Takýto preukaz musí vypracovávať Energetický špecialista podľa § 10 zákona č. 406/2000 Sb., o hospodárení energií, ktorý je držiteľom oprávnenia udeleného Ministerstvom priemyslu a obchodu a zapísaný v zozname energetických špecialistov. Preukaz treba vyhotoviť pri výstavbe všetkých nových budov a väčších zmenách dokončených budov, pri používaní budov orgánom verejnej správy a od 1.1.2013 novela zákona zaviedla povinnosť predkladať PENB aj pri predaji a prenájme budovy. PENB sa vyhotovuje s platnosťou 10 rokov a po tejto dobe je nutné na základe nového výpočtu vydať jeho aktuálnu verziu. PENB je prezentovaný najmä grafickým štítkom ENB, v ktorom je budova priradená k jednej zo siedmich kategórií A-G, kde A je mimoriadne úsporná a G je mimoriadne nehospodárna.

Na výpočty je možné použiť viacero špecializovaných programov. Takéto programy sú väčšinou platené, vzhľadom na vývoj vytváraný jednotlivými spoločnosťami zaoberajúcimi sa touto problematikou. Sú však aj jednoduchšie programy, ktoré sú voľne dostupné na stiahnutie, prípadne profesionálne programy s možnosťou využitia bezplatnej skúšobnej verzie na obmedzené obdobie, ako aj veľmi často využívané študentské verzie. [4]

**Výpočtový program DEKSOFT** - online program, ktorý pozostáva z rôznych webových aplikácií zameraných na stavebníctvo, energetiku, tepelné ochrany budov a TZB, ktoré sú schopné spolupracovať na základe prepojení ich výsledkov na spoločnom serveri. Programy vyvíjané touto spoločnosťou sú zamerané predovšetkým pre energetických špecialistov, projektantov pozemných stavieb a architektov. Tieto programy sú cenovo dostupné a vzhľadom na to, čo ponúkajú, sú aj veľmi výhodnou voľbou. Spomínané programy, ktoré spoločnosť ponúka sú nasledovné:

- Balíček BIM riešenie a rýchle ocenenie pre projektantov a architektov  
*Rýchle ocenenie ÚRS, Stavebná knižnica DEK, BIM Platforma, Štandardy materiálov*



Obr. 1.1 Grafická podoba programov pre projektantov a architektov [5]

- Balíček programov pre špecialistov :  
*Energetika, Tepelná technika 1D, Tepelná technika 2D, Dutina, Komfort, Akustika, Antiradon, NZÚ, Varianty, FVE, Hydroizolácia, 3D Editor, TZB*



Obr. 1.2 Grafická podoba programov pre špecialistov [5]

Pre výpočet dostatočne presnej ENB je potrebné z týchto programov využívať minimálne program Energetika v spojení s programom Tepelná technika (1D). Vďaka týmto programom dostaneme prehľadné hodnoty o aktuálnom stave obálky budovy a o všetkých potrebách a spotrebách energie v tejto budove. [5]

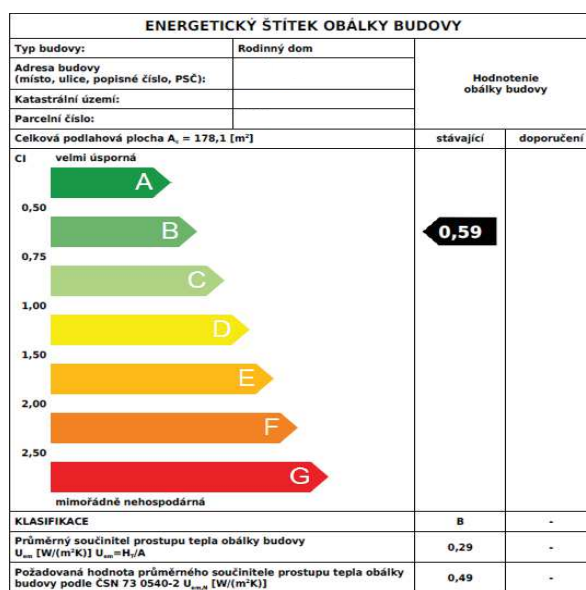
### 1.2.1 Teoretický výpočet ENB

Nakoľko je výpočet ENB zložitý vzhľadom na množstvo vstupujúcich informácií a taktiež ponúka široký rozsah výstupov, budú v tejto časti popísané iba niektoré najdôležitejšie informácie a postupy na objasnenie toho, čo tento výpočet vyžaduje.

**Obálka budovy** - prvou časťou výpočtu je kvalita obálky budovy v zmysle jej tepelne izolačných vlastností. Vhodnými stavebnými riešeniami vieme splniť základné podmienky na požadovanú energetickú náročnosť konkrétnej budovy. Ak sa ale nejedná o novostavbu je stále veľa možností ako zlepšiť obálku budovy a teda znížiť jej tepelne izolačné vlastnosti napr. výmenou okien, zateplením fasád, izoláciou zón, výmenou dverí, prípadne inými ďalšími opatreniami. Túto časť výpočtu vo výstupe prezentuje štítok obálky budovy spolu s podrobným protokolom o zadaných a vypočítaných hodnotách. Tento štítok je graficky veľmi podobný celkovému PENB s tým rozdielom, že sa týka iba obálky budovy. Jeho čiastkový výpočet pozostáva zo zadania všetkých vlastností stavby akými sú:

rozdelenie zón podľa spôsobu používania, zadefinovanie všetkých plôch, ktoré sú súčasťou obálky budovy, definovanie skladieb jednotlivých plôch a s tým súvisiace vyplnenie podrobných súčiniteľov prestupu tepla každej vrstvy. Podrobne zadefinované jednotlivé plochy podieľajúce sa na obálke budovy v konečnom dôsledku vedú k výpočtu dostatočne presnej hodnoty priemerného súčiniteľa prestupu tepla celej obálky budovy. Takto vypočítaný priemerný súčiniteľ prestupu tepla obálky budovy je v závere výpočtu daný do pomeru s požadovanou hodnotou priemerného súčiniteľa prestupu tepla obálky budovy  $U_{em,N}$  [W/(m<sup>2</sup>K)] podľa ČSN 73 0540-2. Výsledkom tohto pomeru je hodnota, ktorou hodnotíme obálku budovy jej zapísaním do štítu obálky budovy a zaradením do príslušnej klasifikačnej triedy podľa stanovených rozsahov. (Obr. 1.3) [5]

Po výpočte vlastností obálky budovy je vo výstupe veľmi dôležitý protokol mernej ročnej potreby tepla na vykurovanie. Merná potreba tepla na vykurovanie je veličina charakterizujúca tepelnoizolačné vlastnosti budovy. Na túto hodnotu nevlýva typ použitých zdrojov na vykurovanie, účinnosť týchto zdrojov a ani ich výkon. Merná potreba tepla na vykurovanie je číselné vyjadrenie množstva tepelnej energie, ktorú budova vyžaduje na jednotku plochy (kWh.m<sup>2</sup>.rok<sup>-1</sup>). Na túto hodnotu priamo vplývajú tepelné straty obálky budovy (vetraním, stenami, stropom, výplňami, tepelnými mostami, atď.) a nie je možné ju ovplyvniť tepelnými ziskami ani najkvalitnejším systémom vykurovania na rozdiel od spotreby. Práve táto hodnota zaraďuje domy podľa kategórií na nízkoenergetické, pasívne a nulové.



Obr. 1.3 Energetický štítok obálky budovy

**Energie dodané do budovy** - v ďalšej časti výpočtu je potrebné zadať všetky energie, ktoré sa podieľajú na vytvorení požadovaného prostredia budovy (jednotlivých zón) vrátane ich prvej formy v akej sú do budovy dodané, všetkých spotrebičov týchto energií a taktiež zadáním účinností jednotlivých technických systémov v budove. Jedná sa najmä energie potrebné na vykurovanie, ohrev teplej vody a osvetlenie. Na základe získania podrobných hodnôt je možné v programe DEKSOFT zahájiť výpočet ENB. Po výpočte tento program poskytuje podrobné výstupy, v ktorých čele stojí práve PENB s dodanými energiami v merných hodnotách [kWh(m<sup>2</sup>.rok)] ako aj v hodnotách pre celú budovu [MWh/rok]. [5]

### Výpočet dodanej energie na vykurovanie:

Výpočet čiastkovej dodanej primárnej energie na vykurovanie - výpočet primárnej energie je potrebné vyjadriť pomocou energie použitých energonosičov. Primárna energia je energia v jej prvotnej forme tzn., energia ktorá neprešla žiadnym procesom premeny alebo transformácie. Pôvod primárnej energie je rozdelený na obnoviteľné a neobnoviteľné zdroje a pomer týchto zdrojov je daný konverznými faktormi jednotlivých energonosičov. Konverzné faktory zahŕňajú podiel energie obsiahnutej v energonositeli a energie obsiahnutej v primárnom zdroji. (Tabuľka 1.3) [6]

Tabuľka 1.3 Konverzné faktory často používaných energonositeľov

Ergonositeľ	Faktor celkovej prim. energie $f_{p,en}$	Faktor neobnoviteľnej prim. energie $f_{PN,en}$
Zemný plyn	1,1	1,1
Čierne uhle	1,1	1,1
Elektrina	3,2	3,0
Drevené pelety	1,2	0,2
Kusové drevo	1,1	0,1
Energia prostredia	1,0	0

Výpočet čiastkovej dodanej primárnej neobnoviteľnej energie na vykurovanie - výpočet je obdobný s tým rozdielom, že je použitý faktor primárnej neobnoviteľnej energie  $f_{PN,en-K2}$  podľa Tabuľky 1.3

### Výpočet dodanej energie na ohrev teplej vody:

Tento výpočet je obdobný ako výpočet dodanej energie na vykurovanie ale s rozdielnymi hodnotami vstupujúcimi do výpočtu. Je nutné započítať potrebu energie spolu so všetkými energetickými stratami vyskytujúcimi sa v systéme pre ohrev teplej vody. Vzťah pre takýto výpočet by vyzeral nasledovne:

$$Q = \sum Q_W + Q_{Wd} + Q_{Ws} + Q_{Wpp} + Q_{Whg} \quad [\text{kWh/rok}]$$

Výpočet čiastkovej dodanej primárnej a neobnoviteľnej primárnej energie na ohrev teplej vody - opäť je výpočet analogický s použitím príslušných koeficientov podľa Tabuľky 1.3

### Výpočet dodanej energie pre umelé osvetlenie:

Ak nie je známa spotreba osvetľovacej sústavy, je potrebné ju vypočítať pomocou príkonu  $P_n$  (W) a prevádzkovej doby so spôsobom riadenia konkrétnej sústavy. Výpočet prebieha na základe požiadavok na  $E'm$ ,  $k_z$ ,  $F_L$ ,  $F_{MF}$ , podlahovej plochy, podielu priamej a nepriamej zložky osvetlenia, atď. Takýto výpočet  $pn_A$  by vyzeral nasledovne: [5]

$$\begin{aligned} pn_A &= p_{L,A} * A_{f,int,i} \\ p_{L,A} &= p_{L,lx} * Em * F_{CA} * F_L * F_{MF} \\ E'm &= Em * F_{CA} \end{aligned}$$

### 1.2.2 Výpočet ENB pre konkrétny rodinný dom

#### Preukaz energetickej náročnosti budov (PENB)

Pre účely diplomovej práce som PENB vypracoval pre konkrétny rodinný dom so všetkými potrebnými výpočtami, ktoré si PENB vyžaduje. Vypracoval som teda podrobnú analýzu stávajúceho stavu rodinného domu, na základe ktorej bola zistená jeho energetická náročnosť. Po vypočítaní tohto výsledku som ďalej analyzoval možnosti úspory energií jednotlivých systémov budovy a navrhol som alternatívne varianty, ktoré by boli pre rodinný dom výhodnejším riešením. Pre každú z týchto variant som okrem iného vypracoval aj jej ekonomické zhodnotenie. Na výpočet som využíval program DEKSOFT v ktorom som sa dopracoval k všetkým požadovaným výstupom. Okrem základných programov *Energetika* a *Tepelná technika 1D* som využíval aj programy:

- FVE - pre detailné zadanie fotovoltického systému
- VARIANTY - pre posúdenie navrhovaných opatrení a variant
- NZÚ - pre overenie splnenia požiadaviek v rámci dotácií NZÚ

Výpočet ENB som pre prehľadnejší popis rozdelil do 2 častí podľa toho, čoho sa zadané hodnoty týkajú a čo tieto vstupné hodnoty poskytujú a ovplyvňujú vo výstupoch programu.

**Obálka budovy** - pre výpočet vonkajšej obálky budovy som vytvoril tabuľku (Tabuľka 1.4), ktorá obsahuje výber niektorých dôležitých údajov spolu s hodnotami, ktoré som pri výpočte použil. Tieto hodnoty spolu s ďalšími hodnotami (príloha A) vedú k ohodnoteniu obálky budovy Energetickým štítkom budovy (Obr.1.3) a dopĺňujúcim protokolom (príloha A). Hodnoty, ktoré sa týkajú konštrukcií je vhodné podrobne zadať najskôr v programe *Tepelná technika 1D* prostredníctvom podrobných skladieb (vrstiev) všetkých konštrukcií a ich teplotných súčiniteľov a následným pripojením výpočtu do programu *Energetika*. Vstupy a výstupy z programu *Tepelná technika 1D* sú uvedené v prílohách.

Tabuľka 1.4 Zadané hodnoty obálky budovy

Základné údaje	
Účel spracovania certifikátu	Väčšia alebo iná zmena dokončenej budovy
Typ referenčnej požiadavky na budovu	Zmena dokončenej budovy
Obdobie pre referenčnú budovu	po 1.1.2015
Klimatická oblasť v mieste budovy	2
Nadmorská výška budovy (terénu)	230 m.n.m
Základný popis zóny	
Profil používania zóny	Obytné priestory
Plochy a objemy súvisiace zo zadanými zónami	m <sup>2</sup> , m <sup>3</sup>
Vnútorná tepelná kapacita zóny	3 kJ/m <sup>2</sup> K
Vykurovanie (účinnosť zdieľania tepla v zóne)	88%
Vykurovanie (účinnosť distribúcie tepla súst.)	89%
Vetranie (násob. vým. vzd. pri tlak. rozd. 50Pa)	1 h <sup>-1</sup>
Konštrukcie	
<i>Vonkajšie obalové konštrukcie (súčinitele prechodu tepla materiálov)</i>	
Okná	1.11 W/m <sup>2</sup> K
Dvere	1.5 W/m <sup>2</sup> K
Obvodová stena	0.18 W/m <sup>2</sup> K
Podlaha na zemi	0.28 W/m <sup>2</sup> K
Strecha	0.120 W/m <sup>2</sup> K



Plochy	
Plochy konštrukcií + orientácie, sklony, tienenia	m <sup>2</sup> , S,J,V,Z, °, <0 ; 1>
Tepelné väzby (lineárne a bodové tepelné väzby)	
Spôsob zadania prirážky na tepelné väzby	Paušálne
Prirážka na tepelné väzby	0.05 W/m <sup>2</sup> K
Potreby teplej vody v zóne	
Počet merných jednotiek (osôb)	4
Potreba TV na mernú jednotku	40 l/f deň

Výpočet priemerného súčiniteľa prestupu tepla obálky budovy  $U_{em}$  [W/(m<sup>2</sup>K)]

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{140,4}{491,3} = 0,29 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Paralelne s výpočtom priemerného súčiniteľa prestupu tepla je vypočítaná aj požadovaná hodnota priemerného súčiniteľa prestupu tepla obálky budovy. Tento súčiniteľ je počítaný pomocou rovnakého vzorca ako je vyššie zmienený, avšak využíva inú hodnotu mernej straty prestupom tepla  $H_T$ , ktorá je v tomto prípade počítaná zo základných limitovaných požiadaviek  $U_{N,20}$  podľa STN 73 0540-2. V mojom prípade je táto vypočítaná hodnota **0,49** [W/(m<sup>2</sup>K)].

V poslednom kroku ohodnotenia obálky budovy sú dané do pomeru priemerné hodnoty súčiniteľov prestupov tepla obálky budovy, to znamená:

$$\text{Hodnotenie obálky} = \frac{\text{vypočítaný priemerný súčiniteľ prestupu tepla}}{\text{požadovaný priemerný súčiniteľ prestupu tepla}} = \frac{0,29}{0,49} = 0,59$$

Výsledná hodnota zaradila obálku budovy do triedy „**B - úsporná**“ (obr. 1.3)

**Energie dodané do budovy** - pôvodný stav obsahuje základné systémové riešenia na pokrytie potrieb domu akými sú :

- vykurovanie - objekt, pre ktorý je počítaný PENB je vykurovaný pomocou kotla na tuhé palivo (pelety) v zastúpení 70% a v zimných mesiacoch je ako záloha používaný krb (drevo) v zastúpení 30%. Oba zdroje sú napojené na vykurovací systém vo forme podlahového kúrenia s cirkuláciou teplej vody.
- ohrev teplej vody - ohrev TV zabezpečuje elektrický zásobníkový kombinovaný ohrievač (elektrická ohrevná patróna) – Bojler - v pomere 70% a ako záložný zdroj je na ohrev TV používaný aj vyššie spomínaný kotol na tuhé palivo (pelety) v zastúpení 30%. Objem zásobníka TV je 300l
- umelé osvetlenie - osvetlenie v obytných priestoroch je riešené formou úsporných LED bodových svietidiel s vysokým indexom podania farieb  $R_a = 93$ . Jednotlivé svetelné okruhy sú napájané z meničov napätia AC/DC spínaných pomocou riadiacich modulov, ktoré sú podrobnejšie rozoberané v piatej kapitole tejto práce.
- obnoviteľné zdroje energie - v stávajúcom stave vybranej budovy sa nenachádzajú žiadne OZE, ktorými by budova disponovala.

Kvôli prehľadnému znázorneniu informácií, ktoré som zadával v tejto časti výpočtu som opäť zostavil tabuľky s dôležitými vstupnými hodnotami podľa stávajúceho stavu (Tabuľka 1.5, 1.6, 1.7).



Tabuľka 1.5 *Tepelné zdroje na vykurovanie (stávajúci stav)*

Tepelné zdroje - Vykurovanie						
Tepelný zdroj	Použité palivo	Pokrytie potreby na vykurovanie	Menovitý tepelný výkon	Účinnosť výroby energie zdrojom	Účinnosť distribúcie energie na vykurovanie	Účinnosť zdieľania energie na vykurovanie
(-)	(-)	[%]	[kW]	[%]	[%] / [-]	[%]
Kotol	pelety	70	12	79	89	88
Krb	drevo	30	10	76		

Tabuľka 1.6 *Tepelné zdroje na ohrev TV (stávajúci stav)*

Tepelné zdroje – Ohrev TV						
Tepelný zdroj	Použité palivo	Pokrytie potreby na ohrev TV	Menovitý príkon pre ohrev TV	Účinnosť výroby energie zdrojom	Merná tepelná strata zásobníka TV	Merná tepelná strata rozvodov TV
(-)	(-)	[%]	[kW]	[%] / [-]	[kWh/(l.den)]	[kWh/(m.den)]
Kotol	pelety	70	12	79	0.0064	0.0596
Bojler	el. energia	30	3	91		

Tabuľka 1.7 *Hodnoty umelého osvetlenia v RD*

Umelé osvetlenie					
Typ svetelného zdroja	Priem. požiadavka na udržiavanú osvetlenosť	Činiteľ plošného využitia zóny	Činiteľ neprítomnosti osôb	Prevádzkové hodiny behom roku	Inštalovaný príkon svietidiel
(-)	[lx]	[-]	[-]	[h]	[W]
LED	110	0,72	0,2	2712	650

### Výpočet dodanej energie na vykurovanie:

Keďže na vykurovanie počítaného objektu používame dva zdroje tepla na dosiahnutie 100% dodávky tepelnej energie musíme zahrnúť do výpočtu aj percentuálny podiel jednotlivých zdrojov. Do nasledujúcich vzorcov som dosadil hodnoty z Tabuľky č.1.5 a vypočítal som dodané energie jednotlivých zdrojov K1(kotol) a K2(krb). Ďalej som tieto hodnoty spotreby sčítal a vypočítal som energiu spotrebovanú na vykurovanie oboma zdrojmi  $Q_{H,n}$ .

$$Q_{H,n,K1} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,gen,K1} \cdot \eta_{H,dis} \cdot \eta_{H,em}} \cdot 0,7 = \frac{8889,8}{0,79 \cdot 0,89 \cdot 0,88} \cdot 0,7 = \frac{8889,8}{0,62} \cdot 0,7 = 10057,5 \text{ kWh/rok}$$

$$Q_{H,n,K2} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,gen,K1} \cdot \eta_{H,dis} \cdot \eta_{H,em}} \cdot 0,3 = \frac{8889,8}{0,76 \cdot 0,89 \cdot 0,88} \cdot 0,3 = \frac{8889,8}{0,595} \cdot 0,3 = 4480,5 \text{ kWh/rok}$$

$$Q_{H,n} = Q_{H,n,K1} + Q_{H,n,K2} = 10057,5 + 4480,5 = \mathbf{14538 \text{ kWh/rok}}$$

Vypočítaná hodnota prezentuje množstvo energie dodanej do budovy (zóny) pomocou technických systémov určených na zaistenie požadovaných podmienok vnútorného prostredia. Energia  $Q_{H,nd}$  poskytuje informáciu o množstve energie dodanej na pokrytie potrieb budovy vrátane všetkých tepelných ziskov zo zariadení vyžarujúcich teplo, ako aj od osôb užívajúcich priestory. Spotreba energie zahŕňa potrebnú energiu zaistenú tepelnými zdrojmi s ich účinnosťami ( $\eta_{H,gen-K1}$ ,  $\eta_{H,gen-K2}$ ) ako aj s účinnosťami distribúcie a zdieľania energie ( $\eta_{H,dis}$ ,  $\eta_{H,em}$ ) z Tabuľky č.1.5.

Pre chod spomínaných technických systémových celkov zaisťujúcich dodávku energie je nutné zohľadniť aj ďalšie zariadenia podieľajúce sa na tejto dodávke (obehové čerpadlá, MaR technika). Energia potrebná na chod týchto zariadení sa označuje ako „pomocná energia“ ( $Q_{pom}$ ) a práve túto energiu je nutné pričítať k vypočítanej spotrebe energie. Po sčítaní energií dostávame hodnotu dodanej energie na vykurovanie :

$$Q_H = Q_{H,n} + Q_{pom} = 14538 + 35,36 = 14573 \text{ kWh/rok}$$

Podielom hodnoty vypočítanej spotreby energie hodnotou energeticky vzťažnej plochy dostávame mernú dodanú energiu na vykurovanie " $E_H$ ". Táto hodnota je znázornená aj na hlavnej časti PENB.

$$E_H = \frac{14573}{178.1} = \mathbf{81,8 \text{ kWh/m}^2\text{rok}}$$

- výpočet čiastkovej dodanej primárnej energie na vykurovanie:

Z predchádzajúceho výpočtu vieme, že spotreba energie zdrojom K2 (krb) je 4480,5 kWh/rok. Energonosičom tohto zdroja tepla je kusové drevo, ktoré má faktor primárnej energie podľa Tabuľky 1.3  $f_{P,en-K2} = 1,1$ . Môžeme teda vypočítať celkovú primárnu energiu z tepla získaného z kusového dreva:

$$Q_{H,n,P,K2} = Q_{H,n,K2} \cdot f_{P,en,K2} = 4480,5 \cdot 1,1 = 4928,54 \text{ kWh/rok}$$

Výpočet celkovej primárnej energie z oboch zdrojov je nasledovný :

$$\begin{aligned} Q_{H,n,P} &= Q_{H,n} \cdot f_P = (Q_{H,n,K1} \cdot f_{P,en,K1}) + (Q_{H,n,K2} \cdot f_{P,en,K2}) = \\ &= [10057 \cdot 1,2] + [4480 \cdot 1,1] = 16997 \text{ kWh/rok} \end{aligned}$$

- výpočet čiastkovej dodanej primárnej neobnoviteľnej energie na vykurovanie:

Výpočet je analogický s rozdielom, že je použitý faktor primárnej neobnoviteľnej energie  $f_{PN,en-K2}$  podľa Tabuľky 1.3.

$$Q_{H,n,PN,K2} = Q_{H,n,K2} \cdot f_{PN,en,K2} = 4480,5 \cdot 0,1 = 448,05 \text{ kWh/rok}$$

Výpočet celkovej primárnej energie z oboch zdrojov je nasledovný:

$$\begin{aligned} Q_{H,n,P} &= Q_{H,n} \cdot f_P = (Q_{H,n,K1} \cdot f_{P,en,K1}) + (Q_{H,n,K2} \cdot f_{P,en,K2}) = \\ &= [10057 \cdot 0,2] + [4480 \cdot 0,1] = 2459,6 \text{ kWh/rok} \end{aligned}$$

### Výpočet dodanej energie na ohrev teplej vody:

Tento výpočet je obdobný s rozdielnymi hodnotami vstupujúcimi do výpočtu. Je nutné započítať potrebu energie spolu so všetkými energetickými stratami vyskytujúcimi sa v systéme pre ohrev teplej vody. Vzťah pre takýto výpočet by vyzeral nasledovne:

$$Q = \sum Q_w + Q_{wd} + Q_{ws} + Q_{wpp} + Q_{whg} \quad [\text{kWh/rok}]$$

- výpočet dielčej dodanej primárnej a neobnoviteľnej primárnej energie na ohrev teplej vody:

Opäť je výpočet analogický s použitím príslušných koeficientov. V tomto prípade potrebu zaistí kotel v kombinácii s bojlerom, takže budú použité konverzné faktory pre drevené pelety a elektrickú energiu podľa Tabuľky 1.3.

### Výpočet dodanej energie pre umelé osvetlenie

V tomto prípade je výsledná dodávka energie počítaná programom podľa rozsiahlych hodnôt opisujúcich ako špecifický typ použitých svetidiel v budove, tak aj spôsob používania svetiel osobami počas roka. Tieto vstupné hodnoty sú v prílohe A, a príklad tých najzákladnejších hodnôt zadaných z tejto časti výpočtu je v Tabuľke 1.3. Výsledok výpočtu celkovej dodanej energie pre osvetľovaciu sústavu je pre všetky opatrenia a varianty rovnaký. Vzhľadom na to, že typ osvetľovacej sústavy je pomerne úsporný už v stávajúcom stave, v tomto smere usudzujem znižovanie spotreby energie ako neefektívne a nevýhodné. Vypočítaná hodnota celkovej dodanej energie na osvetľovaciu sústavu v budove je 1638,5 kWh/rok, čo je v prepočte na celkovú energeticky vzťažnú plochu 9,2 kWh/m<sup>2</sup>rok. Energii z pohľadu energonositeľov zaistí vždy elektrická energia, ktorá je v stávajúcom stave odobieraná z distribučnej siete. Po sčítaní všetkých vypočítaných energií v rámci rovnakých energonositeľov sú hodnoty zapísané v Tabuľke 1.3 spolu s príslušnými faktormi jednotlivých energonositeľov s prepočtom na primárnu ako aj primárnu neobnoviteľnú energiu. Tieto hodnoty charakterizujú stávajúci stav objektu.

Tabuľka 1.8 Rozdelenie dielčích dodaných energií podľa energonositeľov

Ergonositeľ	Dielčia vypočítaná spotreba energie /Pomocná energia	Faktor celkovej primárnej energie	Faktor neobnoviteľnej primárnej energie	Celková primárna energia	Neobnoviteľná primárna energia
	[kWh/rok]	[—]	[—]	[kWh/rok]	[kWh/rok]
Elektrická en.	4 724,37	3,2	3,0	15 118	14 173,12
Drevené pelety	11 584,64	1,2	0,2	13 901,57	23 16,93
Kusové drevo	4 480,49	1,1	0,1	4 928,54	4 48,05
Celkom	20 789,51	x	x	33 948,11	16 938,1

Výsledné hodnoty jednotlivých energií (vykurovanie, ohrev TV, osvetlenie) sa sčítajú, podedia celkovou energeticky vzťažnou podlahovou plochou (kWh/m<sup>2</sup>rok), a hodnota tejto energie je potom **merná celková dodaná energia na vstupe do budovy** uvedená ako najvýznamnejšia hodnota štítku v grafickom zobrazení PENB. Taktiež sčítaním jednotlivých neobnoviteľných primárnych zložiek a podelením energeticky vzťažnou plochou dostávame hodnotu mernej celkovej neobnoviteľnej primárnej energie, ktorá hodnotí vplyv prevádzky budovy na životné prostredie.

### 1.3 Navrhované opatrenia a varianty

Ďalším dôležitým krokom je návrh opatrení, na zníženie spotreby energií rodinného domu oproti stávajúcemu stavu. Mojim riešením sú opatrenia, ktoré sa týkajú technických systémov v budove pre zaistenie požadovaných podmienok so zníženou spotrebou energie a výpočtom reálnej doby návratnosti týchto opatrení. Zároveň je mojim zámerom znížiť zložku primárnej neobnoviteľnej energie na najnižšiu možnú hodnotu. Žiadne z navrhovaných opatrení sa netýka stavebných a izolačných úprav a to znamená, že kvalita obálky budovy ostáva stále rovnaká, no jej požiadavky budú spĺňať efektívnejšie systémy hospodárnejšie ku neobnoviteľným zdrojom energie.

#### 1.3.1 Opatrenie č.1 (OP1) = Fotovoltaická elektráreň (FVE)

Vhodne navrhnutá FVE je prvým opatrením, ktorým je možné zaistiť podstatné zníženie zložky primárnej neobnoviteľnej energie. Energia zo slnka je veľmi ekologická forma energie, ktorá je obnoviteľná. Panely sú na streche rozmiestnené pre čo najefektívnejšiu výrobu elektrickej energie vzhľadom k tieneniu blízkych objektov a dostupnej využiteľnej plochy strechy. Celý systém je rozdelený na dve časti strechy, ktoré poskytujú dostatočné slnečné zisky behom celého roka. Jedná sa o juhozápadnú a o juhovýchodnú časť strechy. Po analyzovaní dostupných komponentov na trhu som zvolil nasledovnú kombináciu pre navrhovaný FVS:

- Panely: Calyxo CX3 (72.5W)
- Menič: Victron Energy Multiplus 48/5000/70
- Batérie: Narada 12REXC 200

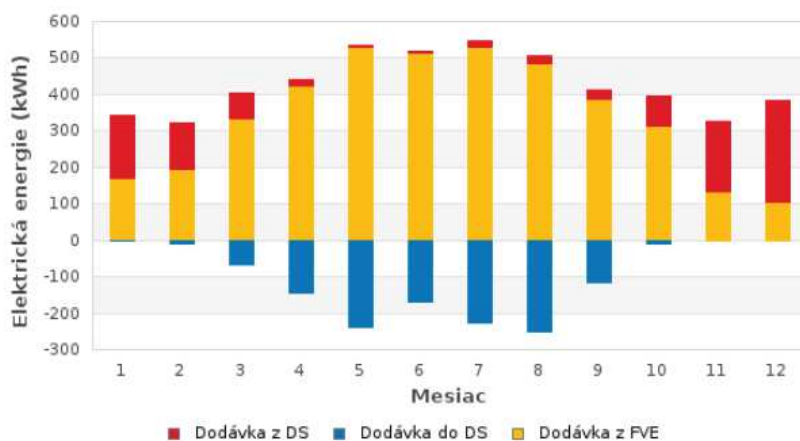
Podrobnejšie informácie k zvoleným komponentom spolu s odôvodnením ich výberu budú spracované v štvrtej časti diplomovej práce (Návrh FVE). Z hľadiska zistenia vplyvu opatrenia na ENB je v tomto prípade využitý program FVE spolupracujúci z programom ENERGETIKA. Hodnoty dôležité pre výpočet v tomto programe sú uvedené v Tabuľke 1.9.

Tabuľka 1.9 Hodnoty zadané do programu FVE

Základné údaje		
Typ zariadenia	FVE s meničom a batériami	
Klimatická oblasť	Ostrava (IWEC)	
Ohmické straty v rozvodoch	2 %	
Fotovoltaické panely		
	Juhozápadná strana	Juhovýchodná strana
Orientácia	225°	135°
Sklon	35°	35°
Plocha panelov	32,4 m <sup>2</sup>	25,92 m <sup>2</sup>
Počet paralelne zap. panelov	15 ks	12 ks
Počet sériovo zapoj. panelov	3 ks	3 ks
Celkový počet panelov	45 ks	36 ks
Účinnosť panelov	10.07	10.07
Menovitý výkon modulu	72,5 W	72,5 W
Celkový menovitý výkon	3 263 W	2 610 W

Menič	
Názov	Victron Energy Multiplus 48/5000/70
Účinnosť meniča	95 %
Batériový box (12ks)	
Názov	Narada 12REXC 200
Maximálna kapacita	103680000
Maximálna kapacita	28.8 kWh

Na čo najpresnejší výpočet je nutné do programu zadať podrobnú spotrebu rodinného domu. Toto zadanie je možné viacerými spôsobmi: konštantnou spotrebou, typický deň (jeden v roku), typický deň (jeden v mesiaci), typický pracovný/víkendový deň (jeden v roku) alebo súborom CSV. Pre dostatočne presný výpočet som zvolil zadanie spotreby formou typického dňa (jedného v mesiaci), čo znamená že som vyplnil 12 denných zaťažovacích diagramov rodinného domu s celkovou výslednou ročnou spotrebou 5134 kWh (ročná spotreba z obdržaných podkladov). Po vypočítaní zadaných hodnôt v programe FVE som dostal potrebné výsledky na zistenie kvality navrhnutého systému (obr.1.4).



Obr. 1.4 Zobrazenie výsledkov navrhnutého FVE systému v grafe

Po doplnení FVS k stávajúcemu stavu v programe ENERGETIKA, som spustil nový výpočet a pozoroval zmeny vo výstupe. Podľa očakávania došlo k pomerne veľkému zníženiu mernej dodanej primárnej neobnoviteľnej energie, konkrétne o **94,7%**, z hodnoty 95 kWh/(m<sup>2</sup>.rok) na hodnotu 5 kWh/(m<sup>2</sup>.rok). Taktiež veľmi priaznivým výsledkom je percento pokrytia vlastnej spotreby z FVE na hodnotu **80,3%**, čo vedie k značnému zníženiu finančných nákladov na elektrickú energiu a s tým súvisiacej relatívne krátkej dobe návratnosti systému.

### 1.3.2 Opatrenie č.2 (OP2) = Tepelné čerpadlo

Ďalšou voľbou pre zníženie dodanej energie je využitie tepelného čerpadla. TČ sú veľmi vhodnou voľbou pre vykurovanie a prípravu teplej vody práve kvôli ich schopnosti odnámať tepelnú energiu z jedného prostredia (vody, vzduchu, alebo zeme) s nízkou teplotou, a túto energiu potom prenášať do inej teplotosnej látky s vyššou teplotou. Vzhľadom na túto vlastnosť sa dá TČ využiť aj ako zdroj chladu v letných mesiacoch. Pre takýto dej je nutné využiť určité množstvo elektrickej energie, avšak jej množstvo je v porovnaní s celkovou energiou dodanou TČ približne tretinové a to z neho robí veľmi výhodnú voľbu pre zníženie spotrebovanej energie pri rovnakých výsledkoch.

Na tento účel som navrhol TČ HOTJET 15W typu *zem-voda* o menovitom tepelnom výkone 12,40kW, príkone 2,67kW a vykurovacom faktore COP - 4,65 (sezónny COP<sub>year</sub> - 4,27). Toto TČ bude odoberať energiu z geotermálneho hlbinného vrtu a je to najúčinnější spôsob získavania energie pomocou TČ. TČ bude použité na vykurovanie budovy a bude fungovať v rámci bivalentného vykurovania. Keďže TČ majú tzv. bivalentný bod, čo znamená že od určitej extrémne nízkej teploty napr. -19° čerpadlo nie je schopné ďalej produkovať požadovanú tepelnú energiu a jeho účinnosť sa začína rapídne znižovať, je potrebné v tomto bode kompenzovať klesajúcu účinnosť tzv. bivalentným zdrojom. Práve na tento účel som zvolil krb v stávajúcom systéme vykurovania. TČ v spojení s jestvujúcim krbom na spaľovanie kusového dreva bude v pomere TČ - 92% a Krb - 8%. Percentuálna hodnota 8% prezentuje 30 dní v roku, v ktorých dôjde k extrémnemu zníženiu teploty a bude sa využívať bivalentná prevádzka vykurovania. Je samozrejmé, že takýto pomer nebude každý rok rovnaký a teploty v chladných mesiacoch nie je možné predpovedať so 100% istotou. Je však možné spomínané hodnoty použiť pre výpočet a pomocou zmeny výsledku oproti stávajúcemu stavu vyhodnotiť výhodnosť tohto nového systému. Zmena vstupných veličín oproti stávajúcemu stavu je uvedená v Tabuľke 1.10.

Tabuľka 1.10 *Tepelné zdroje na vykurovanie (OP2)*

Tepelné zdroje - Vykurovanie						
Tepelný zdroj	Použité palivo	Pokrytie potreby na vykurovanie	Menovitý tepelný výkon	Účinnosť výroby en. zdrojom	Účinnosť distribúcie en. na vykurovanie	Účinnosť zdieľania en. na vykurovanie
(-)	(-)	[%]	[kW]	[%]	[%] / [-]	[%]
TČ	elektrina	92	12,40	4,27	89	88
	prostredie					
Krb	drevo	8	10	76		

TČ sa vyznačujú pomocou tzv. vykurovacieho faktora COP [-], ale ten je z veľkej časti závislý na teplote zdroja nízkopotenciálneho tepla (vzduch, voda, zem, odpadové teplo). Preto pre výpočet energetickej náročnosti používame sezónny faktor COP<sub>year</sub>. Hodnota vykurovacieho faktora znamená podiel dodanej elektrickej energie pre pohon TČ k celkovej dodanej energii týmto TČ. Z hľadiska výpočtov pri TČ je spotreba tepla zvýšená iba o straty zo zdieľania tepla (emisie) a z distribučného tepla. Odpadá tu teda zvyšovanie spotreby vplyvom účinnosti výroby zdrojom tepla.

Výpočet čiastkovej dodanej energie na vykurovanie :

$$Q_{H,n,TČ} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,gen,TČ} \cdot \eta_{H,dis} \cdot \eta_{H,em}} \cdot 0,92 = \frac{8889,8}{1 \cdot 0,89 \cdot 0,88} \cdot 0,92 = \frac{8889,8}{0,783} \cdot 0,92 = 10442,56 \text{ kWh/rok}$$

$$Q_{H,n,K2} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,gen,K1} \cdot \eta_{H,dis} \cdot \eta_{H,em}} \cdot 0,08 = \frac{8889,8}{0,76 \cdot 0,89 \cdot 0,88} \cdot 0,08 = \frac{8889,8}{0,595} \cdot 0,08 = 1195,3 \text{ kWh/rok}$$

$$Q_{H,n,OP2} = Q_{H,n,K1} + Q_{H,n,K2} + Q_{pom} = 10442,56 + 1195,3 + 35,4 = \mathbf{11673 \text{ kWh/rok (65,5 kWh/m}^2\text{rok)}}$$

Túto hodnotu porovnáme s vypočítanou hodnotou vykurovacieho systému stávajúceho stavu:

$$\text{Percentuálne zníženie dodanej energie na vykurovanie} = 1 - \frac{Q_{H,n,OP2}}{Q_{H,n}} = 1 - \frac{11673}{14538} \cong 20\%$$

Došlo teda k zníženiu čiastkovej dodanej energie na vykurovanie o 20% oproti stávajúcemu stavu. Túto dodávku energie však z dominantnej časti zaistuje energia prostredia (zem) a s tým sú spojené znížené náklady za obstarávanie drevených peliet ako v predchádzajúcom prípade. Pri výpočte primárnej a neobnoviteľnej primárnej energie došlo k nasledujúcim zmenám:

Tabuľka 1.11 Porovnanie vypočítaných energií vykurovacej sústavy (stávajúca a navrhovaná)

Typ zdroja	Potreba tepla (merná)	Účinnosť emisie	Účinnosť distribúcie	Účinnosť zdroja (sezónna)	Celková dodaná energia (merná)	Celková primárna energia (merná)	Celková primárna neobn.energia (merná)
	[kWh/m² rok]	%	%	%	[kWh/m²rok]	[kWh/m²rok]	[kWh/m²rok]
Stávajúci stav							
Kotol	50	88	89	79	56,7 (Pelety)+	56,7(·1,2)+	56,7 (·0,2)+
Krb		88	89	76	25,1 (Drevo) = <b>81.8</b>	25,1 (·1,1) = <b>95,65</b>	25,1 (·0,1) = <b>13,85</b>
Navrhovaný stav (OP2)							
TČ	50	88	89	- / 4.27	13,73 (el.) +	13,73(·3,2)+	13,73(·3,0)+
Krb		88	89	76	44,9 (okolie)+ 6,7 (drevo) = <b>65,5</b>	44,9(·1) + 6,7(·1,1) = <b>96,21</b>	44,9(·0)+ 6,7(·0,1) = <b>41,86</b>

Z výpočtov možno vidieť, že použitie TČ ako hlavného zdroja tepla v budove je výhodné z hľadiska celkovej dodanej energie pretože vedie k úspore 20%. Čo sa týka primárnej energie, tak je TČ + Krb približne na rovnakej úrovni so stávajúcou sústavou pretože, to čo TČ ušetrí pri využívaní tepla z okolia, to zhorší jeho spotreba elektrickej energie. Pre celkovú primárnu neobnoviteľnú energiu však TČ zhoršuje stávajúci stav. To je spôsobené najmä tým, že v pôvodnom vykurovacom systéme dochádza k vytváraniu tepla pomocou energonosičov, ktoré sú veľmi výhodné práve z hľadiska primárnej neobnoviteľnej energie (pelety, drevo), zatiaľ čo TČ využíva na svoju funkciu aj malú časť veľmi nevhodnej formy energie akou je elektrická energia (faktor neobnoviteľnej primárnej energie 3,0). TČ sa ďalej bude podieľať aj na ohreve teplej vody spolu s bojlerom v pomere TČ - 80% a Bojler - 20%, čím dôjde k malému zníženiu energie aj v tomto smere.

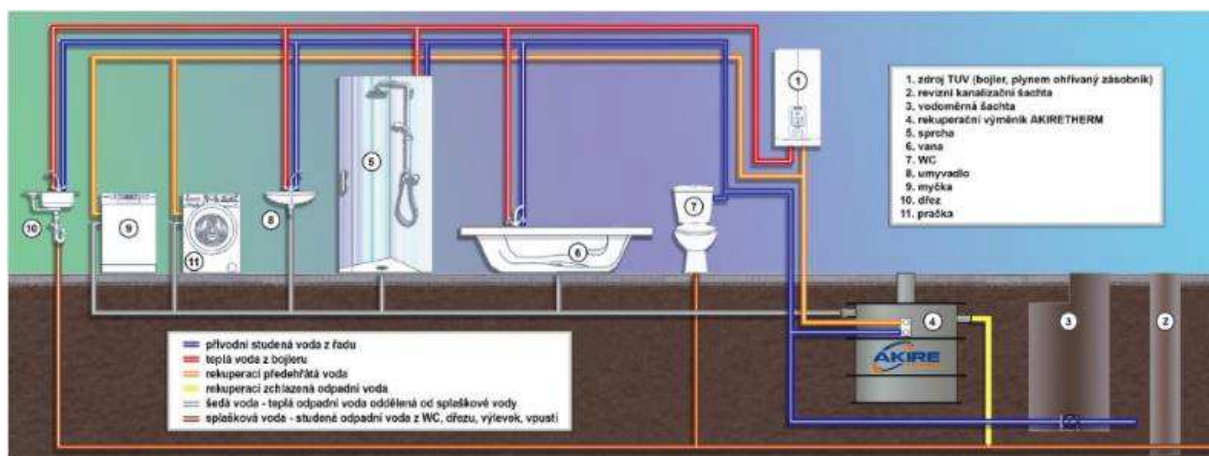
### 1.3.3 Opatrenie č.3 (OP3) = Nútené vetranie so spätným získavaním tepla (s rekuperáciou)

Ďalšou možnosťou pre zníženie energetických dodávok do budovy je inštalácia vzduchotechniky s využitím spätného získavania tepla z odpadného vzduchu (s rekuperáciou). Pre tento konkrétny prípad som zvolil vzduchotechnický systém s rekuperačnou jednotkou Sentinel Kinetic B. Hlavnou úlohou riadeného vetrania je znížiť straty spôsobené prirodzeným vetraním (obálkou budovy) a tým spôsobiť najmä v zimných mesiacoch zníženie celkovej energetickej potreby pre budovu. Keďže súčasťou tohto systému je aj rekuperačná jednotka s účinnosťou spätného získavania tepla 77%, je veľká úspora vytvorená aj na ohrev vzduchu v zóne tepelnými zdrojmi. Je to jediné z opatrení, ktoré má vplyv aj na mernú potrebu tepla na vykurovanie. Zadaním informácií o navrhnutom systéme do programu ENERGETIKA, spolu so zadaním podielu dodávky čerstvého vzduchu pomocou tejto vzduchotechnickej jednotky stanovenej na 90%, program vypočítal zníženie mernej tepelnej potreby tepla na vykurovanie z pôvodných 50 kWh/m<sup>2</sup>rok na hodnotu 32 kWh/m<sup>2</sup>rok (zníženie o 36%). S tým súvisí taktiež zníženie energie dodanej na vykurovanie z hodnoty 81,8 kWh/m<sup>2</sup> na hodnotu 52,3 kWh/m<sup>2</sup>.



### 1.3.4 Opatrenie č.4 (OP4) = Spätné získavanie energie z teplej odpadovej vody

Toto opatrenie je navrhované za účelom zníženia spotreby energie na ohrev TV, ktorá sa po predchádzajúcich opatreniach vo väčšej miere neznižovala. Na tento účel slúži navrhovaný systém rekuperačného výmenníka AKIRETHERM získavajúci energiu z teplej odpadovej vody. Jeho veľkou výhodou je, že na svoju funkciu nepotrebuje žiadnu elektrickú energiu a ani obsluhu a dokáže vrátiť až 80% tepelnej energie späť do objektu v podobe predhriatej prírodnej vody. Jeho nevýhodou pre využitie na môj konkrétny prípad je jeho prioritné aplikovanie pri novostavbách, vzhľadom k požiadavke na rozdelenie odpadovej vody na splaškovú a šedú vodu (obr.1.5). Napriek tomu je možné takýto systém dodatočne aplikovať pri rekonštrukcii a preto vidím potenciál značnej úspory v mojom prípade aj týmto spôsobom.



Obr. 1.5 Princíp napojenia a funkcie systému AKIRETHERM [7]

Výpočtom v programe ENERGETIKA je po pridání tohto systému so sezónnou účinnosťou rekuperácie TOV 68,8% dosiahnutá úspora energie dodanej na ohrev TV percentuálne až 54%, čo je veľmi podstatné zníženie aj vzhľadom na celkovú dodanú energiu do budovy. Dodaná merná energia na ohrev vody sa znížila z 25,7 kWh/m<sup>2</sup> na 11,8 kWh/m<sup>2</sup>.

### 1.3.5 Varianty

Pre dosiahnutie maximálnej úspory celkovej energie vstupujúcej do budovy, s ohľadom na vstupné investície a reálnu dobu návratnosti, bolo navrhnutých celkovo 6 variant. V týchto variantoch som spájal prechádzajúce 4 opatrenia do rôznych kombinácií (Tabuľka 1.12). Pre porovnanie a zhodnotenie energetických a ekonomických parametrov jednotlivých opatrení a variant som využil program VARIANTY spoločnosti DEKSOFT. Jednotlivé opatrenia a varianty budú zhodnotené z energetického a ekonomického hľadiska v šiestej kapitole diplomovej práce.

Tabuľka 1.12 Kombinácie navrhovaných opatrení jednotlivých variant

VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5	VAR6
OP1 + OP2	OP1 + OP2 + OP3	OP1 + OP3	OP2 + OP3	OP1 + OP3 + OP4	OP1 + OP2 + OP3 + OP4

## **2 Základný legislatívny rámec prevádzkovania slnečných elektrární a ich pripájanie do distribučnej sústavy. Ochrana pred bleskom a prepätím**

Táto časť DP je zameraná na legislatívne požiadavky a podmienky prevádzkovania FVE a ich pripojenie do DS. Zároveň popisuje požiadavky na ochranu týchto systémov pred bleskom a prepätím.

### **2.1 Základný legislatívny rámec prevádzkovania slnečných elektrární a ich pripájanie do distribučnej sústavy**

FVE je zo zákona považovaná za výrobu elektrickej energie. V prípade, že sa prevádzkovateľ FVE rozhodne pripojiť si FVE do DS, tak sa stane podnikateľom v odbore energetika na základe licencie, ktorú mu vydá ERÚ. Licencia sa vydáva s platnosťou na 25 rokov. Prevádzkovanie FVE pripojenej do DS s výkonom do 10 kW je možné bez licencie od ERÚ. Pre takúto prevádzku je vyžadovaná zmluva o pripojení, ktorá zahŕňa aj pripojenie výroby elektriny. Hlavným predpisom, ktorý upravuje prevádzkovanie FVE je Zákon č. 458/2000 Sb. Energetický zákon. Tento zákon zapracováva príslušné predpisy Európskej únie a upravuje v nadväznosti na priamo použiteľné predpisy Európskej únie podmienky podnikania a výkonu štátnej správy v energetických odvetviach, ktorými sú elektroenergetika, plynárstvo a teplárstvo, ako aj práva a povinnosti fyzických a právnických osôb s tým spojené. [8] [9]

K tejto téme sa viaže veľa predpisov, zákonov a vyhlášok. Medzi najdôležitejšie z nich patria:

- Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojoch energie a o zmene a niektorých zákonov.
- Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodárení energií
- Vyhláška 16/2016 Sb. o podmienkach pripojenia k elektrizačnej sústave
- Vyhláška č. 426/2005 Sb. – o podrobnostiach udeľovania licencií pre podnikanie v energetických odvetviach
- Zákon č. 185/2001 Sb. – o odpadoch a o zmene niektorých ďalších zákonov
- Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetickej náročnosti budov
- Vyhláška č. 140/2009 Sb. o spôsobe regulácie cien v energetických odvetviach a postupoch pre reguláciu cien
- Zákon č. 183/2006 Sb. – o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon)
- Vyhláška č. 20/2012 Sb. – o technických požiadavkách na stavby [8]

#### **2.1.1 Podmienky pripojenia k elektrizačnej sústave**

Podmienky pripojenia výroby elektriny, DS a odberných miest zákazníkov k elektrizačnej sústave stanovuje Vyhláška č. 16/2016 Sb. Vyhláška definuje mikrozdroj elektrickej energie pre paralelnú prevádzku z DS nízkeho napätia s menovitým striedavým fázovým prúdom 16 A na fázu vrátane celkového inštalovaného výkonu o hodnote maximálne 10 kW. V prípade FVE ide o súčet menovitých hodnôt všetkých inštalovaných panelov. [10]

Podmienky pre pripojenie zariadenia k prenosovej alebo distribučnej sústave sú:

- Žiadosť o pripojenie
- Štúdia pripojiteľnosti za podmienok stanovených v § 6 a 7 Vyhlášky č. 16/2016 Sb.
- Zmluva o pripojení medzi žiadateľom a prevádzkovateľom prenosovej sústavy. [10]

Pre každé miesto pripojenia je potrebné podať samostatnú žiadosť. Žiadosť sa podáva aj v prípade zmeny: rezervovaného výkonu, charakteru odberu, druhu výroby, miesta pripojenia, zvýšenia inštalovaného výkonu výroby príp. pred výstavbou alebo pripojením nového zariadenia s výnimkou mikrozdrojov. [10]

## 2.2 Rozdelenie fotovoltaických systémov

**Sieťové systémy (on-grid)** – princíp využitia energie spočíva v tom, že denná spotreba domácnosti odoberá energiu primárne z FVE. Pokiaľ výkon FVS nie je postačujúci na pokrytie spotreby celej domácnosti, energia je doplnená z distribučnej siete v opačnom prípade sú nespotrebované prebytky z FVE predávané do DS. Pre minimalizáciu nespotrebovaných prebytkov je veľmi výhodné použiť regulátor prebytkov tzv. Wattrouter a efektívne využiť prebytočnú energiu napr. na ohrev TÚV alebo vykurovanie. V inom prípade je systém určený výhradne k priamemu predaju do DS bez vlastnej spotreby. [1]

**Ostrovné systémy (off-grid)** – systém s akumuláciou elektrickej energie do batérií, sa využíva v situáciách, kde je potrebné dodávať elektrickú energiu aj mimo slnečného svitu. V tomto prípade, súčasťou týchto systémov, sú solárne akumulčné batérie s pomalým nabíjaním aj vybíjaním, ktoré sa dobíjajú z fotovoltaických modulov cez regulátor nabíjania. Ten prerušuje okruh vždy, keď je batéria nabitá a vypína záťaž skôr, než sa batéria úplne vybijie. Batérie majú zároveň dostatočne veľkú kapacitu, aby dokázali skladovať elektrickú energiu vyrobenú cez deň a využívať ju tak v noci ako aj počas nepriaznivého počasia. Súčasťou systémov býva zariadenie na transformovanie jednosmerného prúdu na striedavý – menič napätia. [1]

### **Hybridné systémy - AC-couplingový, On-grid/Off-grid**

Hybridný AC-couplingový FVS – skladá sa z dvoch striedačov: jeden on-grid, určený na priamu premenu energie z FV panelov na AC 230V, a druhý Couplingový striedač, ktorý meria tok AC prúdu v domácnosti a podľa potreby nabíja alebo vybíja batérie, čím sa neustále snaží udržiavať spotrebu elektrickej energie 0W na elektromeri. V prípade náhleho výpadku elektrickej energie z DS dokáže Couplingový striedač zálohovať vybrané spotrebiče v domácnosti. Pri nedostatočnom výkone FVS a batérii je potrebná elektrická energia odoberaná z distribučnej elektrickej siete.

Hybridný On-grid/Off-grid FVS – jedná sa o systém s hybridným striedačom. Výkon z FV panelov je striedačom konvertovaný na AC 230V pri účinnosti viac než 97% a následne dodaný do spotreby elektrickej energie domácnosti. Podobne ako Couplingový striedač meria tok prúdu a udržiava spotrebu elektrickej energie na elektromeri 0W. V okamihu detekcie vyššieho výkonu FVS ako je spotreba domácnosti, začne nabíjať batérie a ukladá energiu pre neskoršie použitie. V okamihu vyššej spotreby energie domácnosťou ako je výkon FVS, je potrebná energia odoberaná z batérii, čím striedač znovu udržiava spotrebu elektrickej energie 0W na elektromeri. Samozrejmosťou systému je možnosť zálohovania spotrebičov v momente výpadku elektrickej energie z DS. Pri nedostatočnom výkone FVS a batérii je potrebná elektrická energia odoberaná z distribučnej elektrickej siete. [12]

## 2.3 Ochrana pred bleskom a prepätím

Vzhľadom na nezanedbateľnú finančnú náročnosť FVS je potrebné dbať na ich ochranu pred nežiadúcimi účinkami atmosférických výbojov a prepätí. V tomto smere by investor takéhoto systému nemal podceňovať vplyvy týchto faktorov na úkor zníženia investičnej náročnosti systému. Takýto krok by mohol v konečnom dôsledku spôsobiť podstatné finančné škody na FVS ako aj na ostatných zariadeniach a systémoch, ktoré by svojou inštaláciou ohrozovali. Je potrebné zvážiť aj fakt, že pri výskyte takýchto javov pravdepodobne dôjde k prerušeniu dodávky elektrickej energie zo strany solárnych generátorov. Takýto stav, pri nezabezpečení záložnej dodávky elektrickej energie z DS alebo záložných generátorov, vedie k vypnutiu všetkých elektrických zariadení pracujúcich práve s touto energiou. Navyše takáto náhle prerušenie chodu zariadení vedie okrem poškodení samotných zariadení k finančným stratám spojeným s ekonomickými výsledkami prevádzky týchto zariadení. To sa týka najmä priemyselných odvetví, v ktorých je výpadok technológií spojený so znižovaním produkcie. V bežnom prípade FV zariadenie nezvyšuje ohrozenie budovy pred atmosférickým výbojom a teda nie je nutné vyhotovovať žiadne dodatočné zariadenie pre takéto účinky. Rozhodujúcimi faktormi sú napríklad využitie objektu, stávajúca ochrana objektu pred bleskom, poloha objektu alebo riziká vzniknutých škôd pri údere blesku. Pri vyhodnocovaní ochrany FVS je však potrebné dodržiavať platné legislatívne požiadavky a vytvoriť analýzu rizík pre konkrétny objekt. Výpočtom rizík je stanovená trieda ochrany pred bleskom (LPS) a úroveň minimálnej hladiny ochrany (LPL). Medzi najdôležitejšie predpisy súvisiace s ochranou FVS pred bleskom patria nasledovné: [1]

- ČSN EN 62305-3 ed.2 – Ochrana pred bleskom: Hmotné škody na stavbách a ohrozenie života
- ČSN EN 62305-4 – Ochrana pred bleskom: Elektrické a elektronické systémy v stavbách
- ČSN EN 62305-2 – Ochrana pred bleskom: Riadenie rizika
- ČSN EN 60904 – Súbor noriem: Fotovoltaické súčasti
- ČSN 33 200-4-443 ed.3: Ochrana pred atmosférickým alebo spínacím prepätím

Komplexná ochrana FVS pred úderom blesku sa skladá z vnútornej a vonkajšej ochrany.

### 2.3.1 Vonkajšia ochrana pred bleskom (bleskozvod)

Vonkajšia ochrana prezentuje prvú časť ochranného opatrenia pred úderom blesku, ktorá musí byť vyhotovená s ohľadom na podstatné javy, sprevádzajúce priamy kontakt s atmosférickým výbojom. Jedná sa najmä o tepelné a mechanické účinky bleskov.

Vonkajšia ochrana musí byť schopná zaistiť zachytenie prípadných úderov blesku do cielených zachytávacích častí vonkajšej ochrany (zachytávačov) a vylúčiť tak možnosť priameho úderu blesku do častí FVS. Pri návrhu zachytávacej sústavy je vhodné prihliadať aj na vznikajúce zatienenie FV generátorov vedúce k zníženiu efektivity ich výroby elektrickej energie. Pri návrhu zachytávacej sústavy sa používa metóda valiacej sa gule, metóda ochranného uhlu a metóda mrežovej sústavy. Po zachytení blesku zachytávačmi musí byť ďalej zaistené bezpečné zvedenie bleskových prúdov pomocou sústavy zvodov do uzemňovacej sústavy. Je potrebné dbať na kvalitu spojov jednotlivých častí vonkajšej ochrany, na bezpečné vzdialenosti zvodov od chránených častí, vyhotovenie potrebného počtu zvodov (podľa LPS) a taktiež na minimalizovanie dĺžky zvodov pre čo najrýchlejšie zvedenie bleskového prúdu. Poslednou časťou vonkajšej ochrany pred bleskom je uzemňovacia sústava. Tá má za úlohu zaistiť prechod bleskového prúdu do zeme bez vzniku akýchkoľvek nebezpečných prepätí. Uzemňovaciu

sústavu je potrebné prepojiť s vyrovnaním potenciálov, ktoré je súčasťou vnútornej ochrany pred bleskom. Táto sústava môže byť rozdelená podľa usporiadania na usporiadanie typu A a typu B. Usporiadanie typu A je tvorené vodorovným, zvislým alebo kombinovaným zemničom a usporiadanie typu B je vyhotovené ako základový alebo obvodový zemnič s dodržaním stanovených vzdialeností. [1]

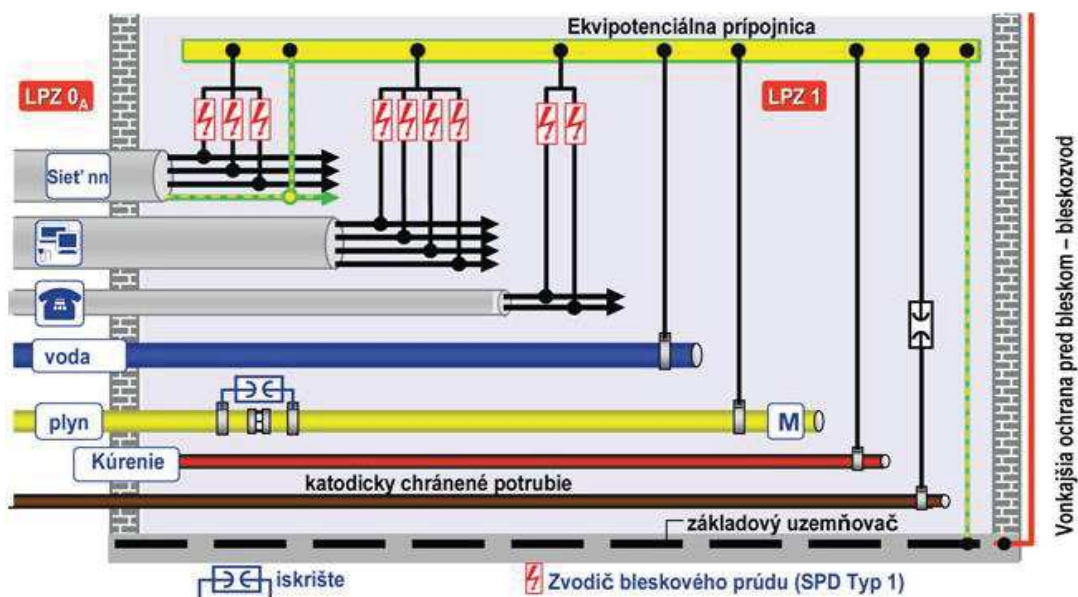
### 2.3.2 Vnútorná ochrana pred bleskom

Vnútnú ochranu tvorí súhrn opatrení pre zníženie účinkov elektromagnetických impulzov spôsobených bleskovým prúdom (LEMP). Ochrana pred LEMP je závislá na konkrétnych zónach určených z hľadiska priameho a nepriameho účinku blesku. Jedná sa o rozdelenie objektu do zón:

- LPZ 0<sub>A</sub> – ohrozenie spôsobené priamym úderom blesku a plným elektromagnetickým poľom
- LPZ 0<sub>B</sub> – chránená pred priamym úderom blesku a nechránená pred plným elektromagnetickým poľom
- LPZ 1 – chránená pred priamym úderom blesku s tlmenou ochranou elektromagnetického poľa
- LPZ 2 – chránená pred priamym úderom blesku s tlmenou ochranou elektromagnetického poľa
- LPZ 3 – priestor vo vnútri kovových skriní elektrických zariadení (v oddelených miestnostiach)

Hlavnými časťami vnútornej ochrany sú: sieť vyrovnania potenciálov, zvodnice prepätia (SPD) a elektromagnetické tienenie. [14] [15]

**Vyrovnanie potenciálov** je v tomto prípade najdôležitejšou časťou systému. Takéto vyrovnanie má za úlohu zmenšiť napäťové rozdiely medzi kovovými časťami a systémami vo vnútri objektu chráneného pred bleskom a prepätím. Všetky neživé vodivé časti v zónach ochrany pred bleskom (LPZ) musia byť vodivo spojené a všetky vodivé časti je potrebné pripojiť cez zvodnice bleskových prúdov (SPD) k hlavnej ekvipotenciálnej prípojnici. Táto hlavná ekvipotenciálna prípojnica je potom priamo spojená z uzemňovacou sústavou objektu. [1] [14]



Obr. 2.1 Hlavné vyrovnanie potenciálov



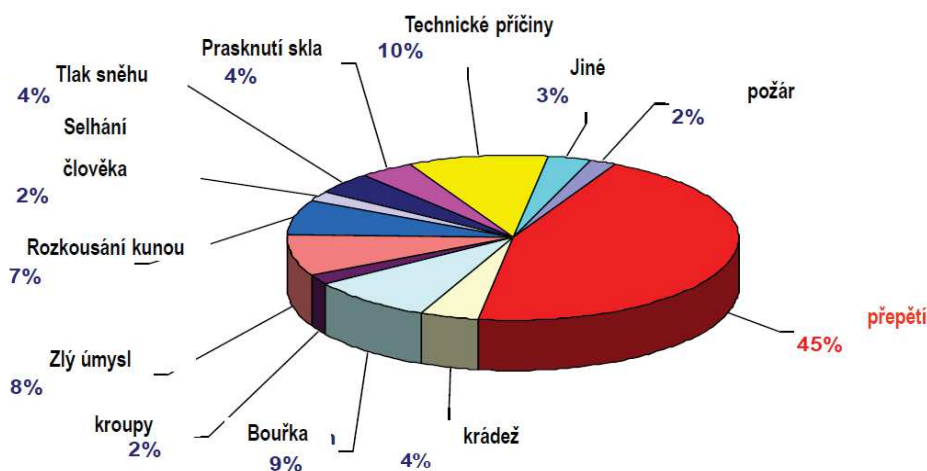
**Zvodiče prepätia (SPD)** majú za úlohu ochranu elektrických zariadení a spotrebičov pred nežiadúcimi účinkami krátkodobých prepätí spôsobených atmosférickými výbojmi a prípadnými spínacími pochodmi. Pre dosiahnutie účinnej ochrany takéhoto systému je nutné zvodiče prepätia radiť do koordinovanej ochrany tzv. kaskády, čím je docielená postupná redukcia energie prepäťovej vlny na prijateľnú úroveň. Toto znižovanie prebieha na 3 stupňoch postupne inštalovaných na rozhraniach zón bleskovej ochrany LPZ od najodolnejšieho stupňa až po najcitlivejší (trieda B až D).

Keďže pri zásahu bleskom vznikajú aj rušivé elektromagnetické polia vyskytujúce sa počas zvedenia bleskového prúdu do zeme, je potrebné zamedziť nežiadúcim účinkom takéhoto rušenia a jeho vplyvu na vniknutie do chránenej budovy/zariadenia pomocou elektromagnetického tienenia. Odporúčanie noriem na ochranu pred bleskom je použitie výstužovej ocele ako zvodu pri budovách zo železobetónu. Takéto riešenie sa realizuje pomocou rôznych špeciálnych svoriek (spojovacie, klinové) a takýmto spôsobom je možné vytvoriť podstatnú časť základného tienenia z využitím existujúcich prvkov na tienenie budovy. Ďalšími možnosťami je využiť kovové fasády, kovové mreže, výstuže. Starostlivým spojením všetkých takýchto prvkov do uzavretých kliebok sa môže dosiahnuť značná redukcia nežiaducich magnetických polí. [1] [15]

### 2.3.3 Ochrana pred prepätím

Prepätia vznikajúce pri údere bleskom, ako aj pri spínacích dejoch vo verejnej rozvodnej sieti, ohrozujú elektronické zariadenia. Rozsah opatrení pre ochranu pred prepätím sa volí v závislosti na stupni ohrozenia budovy a taktiež na hodnote inštalovanej informačnej technológie daného objektu. Indukcia prepätí do solárnych modulov s kovovým rámom je o polovicu menšia ako do solárnych modulov bez rámu. Aby boli napätia indukované vo vedeniach modulov minimalizované, pokladajú sa oba vodiče (+a-) čo najbližšie vedľa seba. Čím menšia je plocha otvorenej slučky vodičov prúdového obvodu generátoru, tým menšie sú indukované napätia vo vodičoch modulov.

Základné prepäťové ochrany v oblasti fotovoltaiiky sú dnes už súčasťou FV striedačov, no napriek tomu je najmä pri väčších FVS (nad 10kW) vhodné použitie samostatných zvodičov prepätia a to najmenej typu 2. V prípade že nie je použité tienené vedenie, je nutné použiť samostatné prepäťové zvodiče s vysokým zvodovým prúdom. [1]



Obr. 2.2 Škody vznikající na FVS podľa početnosti

### 3 Rozbor dotačných príležitostí pre fotovoltaické systémy

Záujem o obstaranie FV technológií neustále narastá. Medzi projektami z oblasti obnoviteľných zdrojov financovanými prostredníctvom NZÚ vzrástol najviac záujem o fotovoltaiku - až o 60%. Na obstaranie FVS sa vzťahujú dotačné príležitosti poskytované štátom.

#### 3.1 Dotačný program OPPIK Úspory Energie

Ministerstvom priemyslu a obchodu bol 3.výzvou platnou od r. 2020 vyhlásený Dotačný program Úspory Energie - Fotovoltaické systémy s/bez akumulácie pre vlastnú spotrebu. Cieľom tohto programu je podpora konkurencieschopnosti a udržateľnosti ekonomiky prostredníctvom maximálneho využitia výroby elektriny z obnoviteľných zdrojov – z FVS. [11]

Tabuľka 3.1 Špecifikácie a podmienky dotácií pre podnikateľov

Dotácie na FVS pod OPPIK	
Špecifikácia dotácií	Podmienky
Výška dotácie	od 2 do 50 mil. Kč
Žiadatelia	malý podnik, stredný podnik, veľký podnik vo vymedzených sektoroch podnikania
Výška uznateľných nákladov	40 až 80 % pre malý podnik, 35 až 70 % pre stredný podnik, 30 až 60 % pre veľký podnik
Predmet podpory	Inštalácia FVS s výkonom až 2 MWp vrátane akumulácie energie pre vlastnú potrebu podniku
Plánovaná alokácie finančných v dotačnej výzve	500 mil. Kč
Ďalšie podmienky	podpora len pre projekty, kde bude preukázaná pomerná doba ročného využitia inštalovaného výkonu aspoň vo výške 860 hodín/rok

Vo vyhlásenej výzve došlo k niektorým zmenám oproti predchádzajúcim dvom výzvam vyhláseným MPO. Od r. 2020 došlo k posunutiu minimálnej čiastky pre udelenie dotácie na 2 mil. Kč. Ďalšou zmenou je, že o dotáciu je možné požiadať aj na novostavby, čo v predchádzajúcich výzvach nebolo možné. Zároveň pre zjednodušenie administrácie došlo k zrušeniu povinnosti predkladať podnikateľský plán, historickú spotrebu, projektovú dokumentáciu či položkový rozpočet. [11]

#### 3.2 Dotačný program Nová zelená úsporám

Program NZÚ patrí k najefektívnejším programom v Českej republike zamareným na úspory energií v rodinných a bytových domoch. Podporuje znižovanie energetickej náročnosti obytných budov, výstavbu či nákup domov s veľmi nízkou energetickou náročnosťou, environmentálne šetrné a efektívne využitie zdrojov energie a OZE. Hlavným cieľom programu je zlepšiť stav životného prostredia znížením produkcie emisií znečisťujúcich látok a skleníkových plynov. Zámerom programu je dosiahnutie úspory energie v konečnej spotrebe a stimulovanie ekonomiky ČR. [11]



### 3.2.1 Oblasti podpory a podmienky poskytovania podpory

Z programu NZÚ je možné získať dotácie na nasledujúce oblasti podpory:

#### **Oblasť podpory A – Znižovanie energetickej náročnosti stávajúcich bytových domov**

Táto oblasť podpory je zameraná na opatrenia, ktoré vedú k zníženiu energetickej náročnosti stávajúcich rodinných domov - zateplením obvodových stien, strechy, stropu, podláh príp. výmenou okien a dverí. Taktiež je možné získať podporu na spracovanie odborného posudku a zaistenie technického dozoru, výstavbu zelených striech a vonkajšiu tieniacu techniku. Výška dotácie je až 50% oprávnených výdajov, najviac však 550 tis. Kč. Podľa dosiahnutých energetických parametrov budovy sa oblasť podpory delí na štyri podoblasti A.0, A.1, A.2 a A.3. [11]

#### **Oblasť podpory B - Výstavba alebo nákup nového RD s veľmi nízkou energetickou náročnosťou**

Táto oblasť podpory sa zameriava na stavbu alebo nákup nového rodinného domu s veľmi nízkou energetickou náročnosťou. Maximálna veľkosť rodinného domu je obmedzená na 350m<sup>2</sup>. Podľa dosiahnutých energetických parametrov budovy sa oblasť podpory delí na tri podoblasti B.0 – dom s nízkou energetickou náročnosťou, B.1 - dom s veľmi nízkou energetickou náročnosťou, B.2 - dom s veľmi nízkou energetickou náročnosťou s dôrazom na použitie OZE. Podmienkou pre poskytnutie podpory je dosiahnutie technických parametrov stanovených pre jednotlivé podoblasti. Výška podpory pre podoblasti je stanovená nasledovne: B.0 – 150 000 Kč, B.1 – 300 000 Kč, B.2 – 450 000 Kč. [11]

#### **Oblasť podpory C – Efektívne využitie zdrojov energie**

Oblasť podpory C podporuje opatrenia, ktoré zaisťujú efektívne využitie energie v rodinných domoch. Podporu na budovy nie je možné v tejto oblasti čerpať v prípade, že už boli podporené v oblasti podpory B. Maximálna výška podpory pre podoblasti C.1 až C.4 a C.7 je stanovená na 350 000 Kč.

##### Podoblasti podpory C.1 a C.2 Výmena zdrojov tepla – podpora výmeny:

- kotlov na pevné palivá, kt. nedosahujú parametre pre triedu 3.podľa ČSN EN 303-5
- lokálnych ohrievačov, s výnimkou elektrických ohrievačov
- elektrického vykurovania za systém s tepelným čerpadlom s elektrickým pohonom

O podporu je možné žiadať len s opatrením z oblasti A. Podpora sa poskytuje na kúpu a inštaláciu nového zdroja tepla na vykurovanie výmenou za stávajúci hlavný zdroj tepla. Neposkytuje sa na kúpu kotlov určených na spaľovanie pevných fosílnych palív. Po dokončení realizácie musí žiadateľ písomne potvrdiť, že zaistil ekologickú likvidáciu pôvodného zdroja tepla. [11]

##### Podoblasť C.3 Inštalácia solárnych termických a FVS

Táto podoblasť podporuje inštaláciu solárnych termických a FVS do dokončených rodinných domov a do novostavieb rodinných domov. Výnimkou na poskytnutie dotácie je kombinácia solárneho systému určeného pre ohrev teplej vody s FVS s akumuláciou elektriny výhradne do akumulátora. Podoblasť C.3 zahŕňa podoblasti C.3.1 – C.3.8. [11]

##### Podoblasť C.3.1 a C.3.2 Solárne termické systémy – podmienky podpory:

- podporované sú systémy na prípravu TV a systémy na prípravu TV a prikurovania
- podporované sú len solárne termické systémy s kolektormi, spĺňajúce minimálnu hodnotu účinnosti podľa vyhl.č.411/2012 Sb. [11]

Podoblast' C.3.3 FVS pre prípravu teplej vody s priamym ohrevom - podmienky podpory:

- inštalovaný FVS musí byť vybavený technológiou pre účinnú optimalizáciu systému v závislosti na záťaži
- inštalovaný systém nesmie byť prepojený s DS [11]

Podoblast' podpory C.3.4, C.3.5, C.3.6, C.3.7 a C.3.8 FVS prepojené s DS – podmienky podpory:

- maximálny inštalovaný výkon systému nesmie byť vyšší ako 10 kWp
- podpora sa poskytuje len na nové systémy prepojené s distribučnou sústavou
- systém musí mať menič s účinnosťou min. 94%. Meniče pripojené priamo k FV panelom musia byť vybavené technológiou MPPT a mať účinnosť min. 98%. Hybridné meniče musia mať minimálnu účinnosť 92%
- min. účinnosť pre panely a moduly zložené z mono-a polykrystalických článkov je 15% a pre panely a moduly z tenkovrstvých amorfných článkov 10%
- miera využitia vyrobenej elektriny pre krytie spotreby v mieste výroby musí byť aspoň 70% z celkového teoretického zisku systému
- systém musí mať automatické riadenie, aby sa primárne kryla okamžitá spotreba elektrickej energie a prebytky boli akumulované
- pre podoblast' C.3.4 je povinné umožniť akumuláciu prebytkov energie formou tepelnej energie
- pre podoblasti C.3.5, C.3.6 a C.3.7 platí povinnosť umožniť akumuláciu prebytkov energie vo forme elektriny – merná kapacita akumulátorov je min. 1,75 kWh na 1kWp inštalovaného výkonu. Pre akumulátory s technológiou využívania vysokého počtu hlbokých vybíjajúcich cyklov je minimálna hodnota kapacity akumulátoru 1,25 kWh/kWp
- pre podoblast' C.3.8 platí povinnosť zaistiť efektívne využitie prebytkov energie vo forme tepla na vykurovanie a prípravu teplej vody za pomoci TČ. Rozsah riadenia výkonu TČ je 35 – 100%. rozsah riadenia výkonu vykurovacích patrón alebo elektrokotla je 2 – 100% [11]

Tabuľka 3.2 Požadované parametre v podoblastiach C.3.4, C.3.5, C.3.6, C.3.7 a C.3.8

Sledovaný parameter	Označenie [jednotka]	C.3.4	C.3.5	C.3.6	C.3.7	C.3.8
Celkový využiteľný zisk	$Q_{FVu}$ [kWh $\times$ rok <sup>-1</sup> ]	$\geq 1\,700$	$\geq 1\,700$	$\geq 3\,000$	$\geq 4\,000$	$\geq 3\,000$ (1f) $\geq 4\,000$ (3f)
Min. miera využitia vyrobenej elektriny pre krytie spotreby v mieste výroby	[%]	70	70	70	70	70
Akumulácia prebytkov energie do teplej vody	-	Povinná	Možná	Možná	Možná	Povinná
Min. objem zásobníku TV alebo akumulačnej nádrže	[l $\times$ kWp <sup>-1</sup> ]	80	-	-	-	180
Akumulácia prebytkov energie do el. akumulátorov	-	Možná	Povinná	Povinná	Povinná	Možná
Min. kapacita akumulátorov	[kWh $\times$ kWp <sup>-1</sup> ]	-	1,75/1,25	1,75/1,25	1,75/1,25	-

Tabuľka 3.3 Výška podpory pre oblasť podpory C.3

Podoblasť podpory	Typ systému	Výška podpory [Kč/dom]
C.3.1	Solárny termický systém pre prípravu teplej vody	35 000
C.3.2	Solárny termický systém na prípravu teplej vody a prikurovania	50 000
C.3.3	FV systém pre prípravu teplej vody s priamym ohrevom	35 000
C.3.4	FV systém bez akumulácie elektrickej energie s tepelným využitím prebytkov a celkovým využitelným ziskom $\geq 1\,700 \text{ kWh} \times \text{rok}^{-1}$	55 000
C.3.5	FV systém s akumuláciou elektrickej energie a celkovým využitelným ziskom $\geq 1\,700 \text{ kWh} \times \text{rok}^{-1}$	70 000
C.3.6	FV systém s akumuláciou elektrickej energie a celkovým využitelným ziskom $\geq 3\,000 \text{ kWh} \times \text{rok}^{-1}$	100 000
C.3.7	FV systém s akumuláciou elektrickej energie a celkovým využitelným ziskom $\geq 4\,000 \text{ kWh} \times \text{rok}^{-1}$	150 000
C.3.8	FV systém efektívne spolupracujúci so systémom vykurovania a prípravy teplej vody s tepelným čerpadlom	150 000

#### Podoblasť podpory C.4 – Inštalácia systému riadeného vetrania so spätným získavaním tepla

Táto podoblasť podpory podporuje inštaláciu systému riadeného vetrania so spätným získavaním tepla do dokončených rodinných domov. Podporu je možné žiadať samostatne alebo súčasne s podporou z oblasti A. Pokiaľ žiadame podporu samostatne je nutná úspora tepla na vykurovanie minimálne 20%. Minimálna účinnosť spätného získavania tepla je 75% pre centrálnu a 70% pre decentrálnu systémy. Podmienkou pre získanie podpory v tejto podoblasti je dosiahnutie prievzdušnosti obálky budovy  $n_{50} \leq 2,5 \text{ [h}^{-1}\text{]}$ . Systém musí byť navrhnutý podľa noriem a musí zaisťovať riadené vetranie vo všetkých obytných miestnostiach. Maximálna výška podpory je 100 000 Kč pre centrálnu systémy a 75 000 Kč pre decentrálnu systémy. [11]

#### Podoblasť podpory C.5 – Podpora na spracovanie odborného posudku a zaistenie merania prievzdušnosti obálky budovy

O dotáciu v tejto podoblasti možno požiadať len so žiadosťou z podoblasti podpory C.2, C.3, C.4 a C.7. Maximálna výška podpory je 5000 Kč. [11]

#### Podoblasť podpory C.6 – Zvýhodnenie pri použití výrobkov so spracovaným environmentálnym prehlásením typu III

O dotáciu v tejto podoblasti je možné požiadať len s podaním žiadosti z podoblasti podpory C.1, C.2, C.3, C.4, C.7. Ak je pre realizáciu opatrenia použitý niektorý z výrobkov spomenutých podoblastí s vydaným environmentálnym prehlásením typu III., je táto inštalácia zvýhodnená sumou 2000 Kč. [11]

#### Podoblasť podpory C.7 – Podpora na využitie tepla z odpadnej vody

Podpora sa poskytuje na inštaláciu centrálnych a decentrálnych systémov využívajúcich teplo z odpadových vôd na predohrev teplej vody. Na jedno odberné miesto vybavené decentrálnym systémom je poskytovaná dotácia 5000 Kč, maximálne 15 000 Kč. V prípade centrálného systému je maximálna výška dotácie 35 000 Kč. V prípade použitia zariadenia bez tepelného čerpadla musí byť deklarovaná účinnosť spätného získavania tepla minimálne 30%. [11]

### 3.2.2 Podanie žiadosti o podporu z programu NZÚ

Žiadosť o podporu je možné podať na základe vyhlásenej výzvy k podávaniu žiadostí. Žiadosť je možné podať výhradne prostredníctvom online formulára, ktorý je sprístupnený po registrácii v informačnom systéme programu. K žiadosti je žiadateľ povinný doložiť všetky prílohy v listinnej podobe, v lehote stanovenej pri elektronickej evidencii žiadosti. Žiadosť je možné podať pred realizáciou, v priebehu alebo po realizácii podporovaných opatrení. [11]

#### **Dokumenty, ktoré sú požadované ako povinné prílohy k žiadosti sú:**

- Formulár žiadosti o podporu
- Odborný posudok - projektová dokumentácia a energetické hodnotenie budovy v požadovanom rozsahu podľa oblasti (podoblasti) podpory a podľa špecifikácií
- Krycí list technických parametrov vyhotovený a autorizovaný spracovateľom energetického hodnotenia budovy [11]

**Odborný posudok** je dôležitým dokumentom, preukazujúcim celkový stav domu vrátane rozsahu a spôsobu prevedenia navrhovaných opatrení a splnenia stanovených podmienok. Zároveň je podkladom pre výpočet podpory. Spracovať projektovú dokumentáciu smie len autorizovaná osoba podľa zákona č. 360/1992 Sb. Projektová dokumentácia pre FV systémy môže byť spracovaná taktiež držiteľom platného oprávnenia podľa § 10 vyhlášky Českého úradu bezpečnosti práce a Českého banského úradu č. 50/1978 Sb. Energetické hodnotenie budovy musí byť riadne spracované a potvrdené energetickým špecialistom, ktorý je držiteľom oprávnenia podľa § 10 odst. 1 zákona č. 406/2000 Sb. [11]

**Projektová dokumentácia**, ktorú žiadať predkladá sa skladá z technickej správy a výkresovej časti. Každá časť projektovej dokumentácie je špecifikovaná vzhľadom na jednotlivé podoblasti podpory (A, B alebo C)

- **technická správa** - obsahuje popis stávajúceho stavu objektu s podrobnými informáciami o použitých systémoch, ich účinnostiach a spotrebe. Ak sa jedná o fotovoltaičné elektrárne (FVE) je potrebný popis splnenia všetkých požiadaviek na požiaru bezpečnosť podľa vyhlášky č. 23/2008 Sb., o technických podmienkach požiarnej ochrany stavieb. [11]
- **výkresová časť projektovej dokumentácie** - obsahuje viacero častí prezentujúcich princíp funkčnosti, filozofiu a dispozíciu významných častí. [11]

## 4 Návrh a dimenzovanie FVS, výpočty energetických ziskov, samotný návrh FVS

V tejto časti rozoberám základné pokyny pri navrhovaní FVS s potrebnými výpočtami pre overenie ich efektivity. Najdôležitejšou časťou v tomto bode je vlastný návrh FVS za použitia profesionálneho software PV SOL.

### 4.1 Návrh a dimenzovanie FVS

Pri navrhovaní FVS je veľmi dôležitá prvotná štúdia daného objektu, na ktorej má byť systém inštalovaný. Je potrebné optimalizovať navrhovaný výkon pre čo najefektívnejšie pokrytie spotreby elektrickej energie aby vo výsledku objekt dosahoval čo najvyššiu mieru nezávislosti. Je bežné, že FVS v určitých chvíľach produkujú prebytky elektrickej energie. Dobrým návrhom systému je zaistené čo najefektívnejšie využitie týchto prebytkov smerujúce k zníženiu doby návratnosti systému. Pri návrhu FVS rozhodujú najnižšie minimá dennej spotreby a doba najkratšej finančnej návratnosti je často krát dosiahnutá na úkor nižšieho percenta vlastnej energetickej nezávislosti objektu.

Vzhľadom na to, že efektivita FVS je priamo závislá na jeho umiestnení, je potrebné zvoliť vhodné miesto pre jeho inštaláciu na konkrétnom objekte. Je preto nutné prihliadať na nasledujúce faktory, ktoré významne vplyvajú na celkový výkon FVS:

- zvoliť priestor s čo najmenšími vznikajúcimi tieňmi pri pohybe slnka počas dňa, prípadne v takýchto čiastočne zatienených oblastiach rozdeliť FVS do nezávislých častí – stringov
- posúdenie nosnosti strešného plášťa a nosnej konštrukcie pre navrhovaný systém
- ošetrenie stávajúceho strešného plášťa a konštrukcie pre čo najväčšiu životnosť (min. 40 rokov), aby nedochádzalo k demontáži FVS kvôli údržbe a oprave strechy
- správna voľba konštrukcie, smerovanie a sklon FV panelov
- správne zvolená trasa pre odvodovú DC kabeláž zo strechy bez zatekania (prestupy)
- zvoliť vhodné umiestnenie použitého striedača podľa prevedenia (vonkajšie, vnútorné)
- minimalizovať dĺžku DC a AC kabeláže a tým znížiť veľkosť strát
- umiestnenie AC a DC rozvádzača
- stanovenie vhodného miesta pripojenia do NN siete

### 4.2 Výpočty energetických ziskov

Ďalším krokom pri navrhovaní systému je posúdenie výnosnosti systému Performance ratio (tzv. PR). Hodnota PR je „meradlom“ kvality systému FVS pripojeného k sieti. Táto hodnota je podielom energie dopadnutého slnečného žiarenia a elektrickej energie, ktorú FVS vyrobí, za časové obdobie. Hodnota PR veľmi dobre navrhnutých systémov dosahuje výšku až 80%.

Ak by sme použili FVS navrhovaný ako opatrenie RD v prvej časti tejto práce a použili konkrétne hodnoty s tým, že ročná hodnota globálneho ožiarenia pre danú lokalitu je stanovená na 1225 (kWh/m<sup>2</sup>), určená databázou programu PVGIS, výpočet by vyzeral nasledovne:

$$PR = \frac{5873}{1225 \cdot 58,32 \cdot 0,1007} = \frac{5873}{7194,2} = \mathbf{81,6\%}$$

Takýto výpočet je však primárne teoretického charakteru a nie sú v ňom zhrnuté dôležité faktory ako sú straty jednotlivých komponentov systému alebo napríklad straty na vedení, ktoré taktiež zohrávajú v konečnom použiteľnom výkone systému dôležitú rolu. Práve tieto straty sú zahrnuté pri posúdení výnosnosti systému. Sú to konkrétne straty na moduloch, straty DC a AC kabeľáže a tiež straty vznikajúce na použítom strieďači. Súčinom týchto strát dostávame celkovú stratu FVS. Pre konkrétny návrh FVS by tento výpočet vyzeral nasledovne:

$$\eta_{\text{systém}} = \eta_{\text{modul}} \cdot \eta_{\text{kabel DC}} \cdot \eta_{\text{striedač}} \cdot \eta_{\text{kabel AC}}$$

$$\eta_{\text{systém}} = 0,1007 \cdot 0,988 \cdot 0,96 \cdot 0,995 = 0,095$$

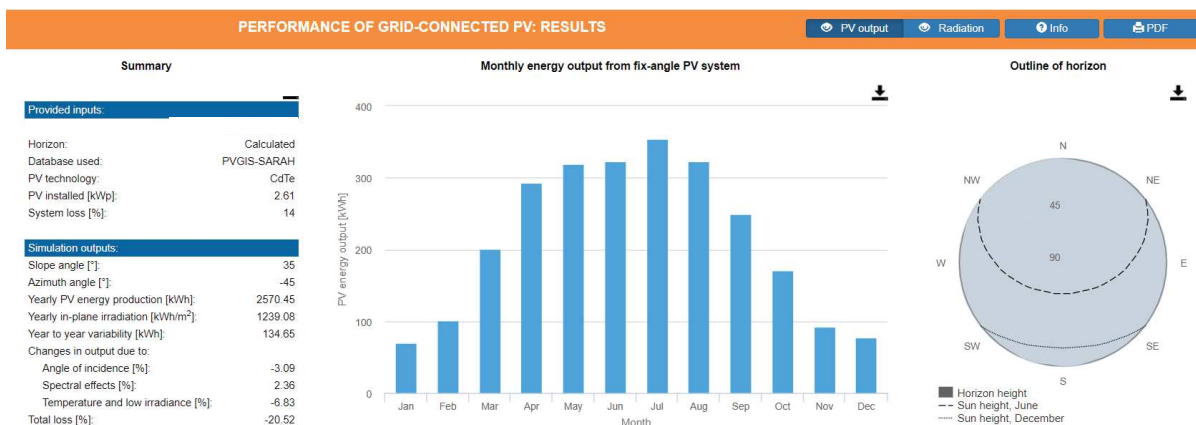
Pričom sú zahrnuté hodnoty : účinnosť zvolených modulov = 10,07%, strata na DC kabeľži = 1,2% (účinnosť = 0,988 %), účinnosť strieďača = 96%, strata na AC kabeľži = 0,5% (účinnosť = 0,995 %). Vypočítanými stratami v ďalšom kroku prenasobujeme hodnotu globálneho ožiarenia šikmej plochy modulov a dostaneme vzťah pre výnos systému:

$$v_{\text{ýnos}}_{\text{systém}} = \eta_{\text{systém}} \cdot \text{globálne ožiarenie šikmej plochy}$$

Ak je systém zložený z viacerých častí (rozdielne natočených stringov), je potrebné pre každú takúto časť vyhodnotiť vlastnú hodnotu energetického výnosu a pre získanie celkového ročného výnosu sa musia tieto hodnoty sčítať.

$$\sum_{n=1}^{\infty} E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$$

Pre posúdenie energetickej výhodnosti navrhovaného systému je v dnešnej dobe už štandardom využívať špecializované programy spolupracujúce s rôznymi databázami klimatických dát ako aj dátami pre veľké množstvo navrhovaných komponentov. Na posúdenie výnosnosti FVS je viacero platených profesionálnych programov pričom sú aj on-line programy v bezplatných verziách. Ja som využíval software od spoločnosti DEKSOFT „FVE“ a ďalej on-line kalkulator s názvom PVGIS. Zadávanie návrhu v programe PVGIS je časovo nenáročné (základné údaje), a výstupom sú všetky dôležité informácie, na základe ktorých je možné posúdiť a prehodnotiť význam návrhu FVS. Celý výpočet v programe PVGIS je súčasťou prílohy D.



Obr. 4.1 Výstup energetických ziskov pre JV časť strechy v programe PVGIS



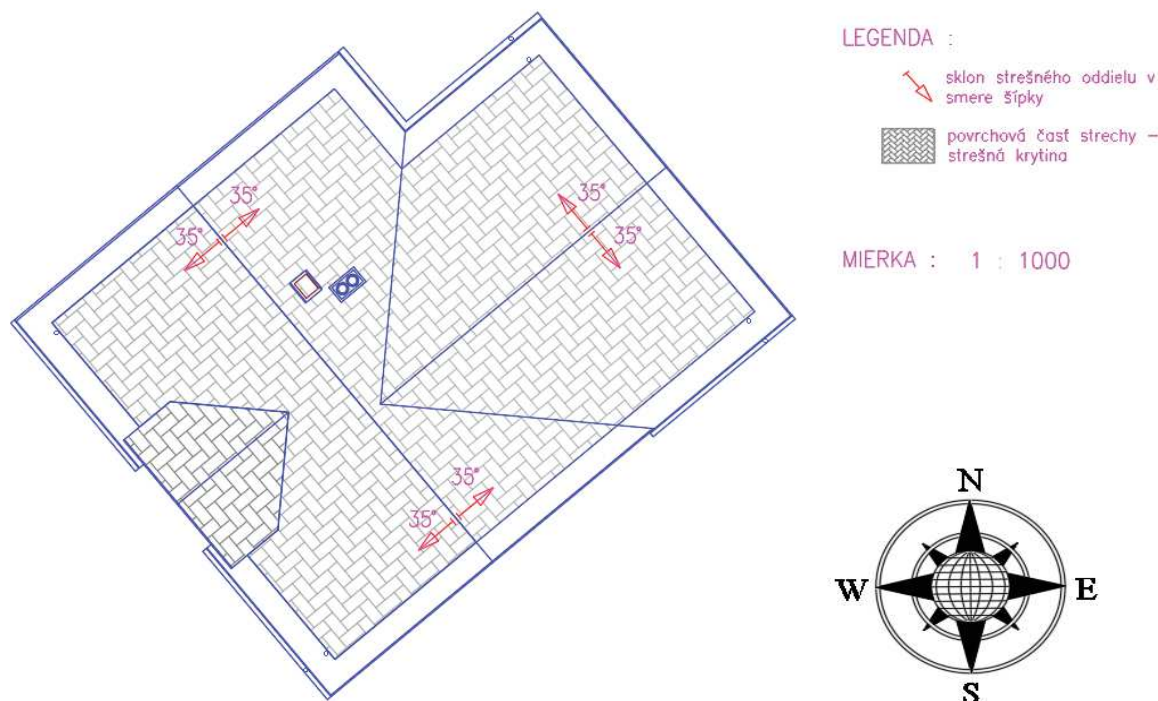
## 4.3 Návrh fotovoltaickej elektrárne

V tejto časti budem opisovať tvorbu návrhu FVE vybraného rodinného domu v profesionálnom programe PV SOL.

### 4.3.1 Popis riešeného objektu

Návrh FVS je tvorený pre rodinný dom, v ktorom je taktiež vstavaná garáž pre osobný automobil s jedným parkovacím miestom. Jedná sa o dvojpodlažný objekt, ktorý nemá žiadnu podpivničenú časť, a ktorého podkrovie je tvorené druhým poschodím tzn. vstavaným do konštrukcie strechy. Obdržaná podkladová dokumentácia konkrétneho objektu zvoleného pre návrh FV systému je tvorená štandardným stavebným riešením rodinného domu z domovej zástavby s podrobnými informáciami o použitých materiáloch a stavebných činnostiach použitých pri jeho výstavbe. Samozrejmou je aj podrobná dokumentácia strechy s jej plošnými mierami, jej vyšpecifikovaným umiestnením z hľadiska svetových strán a s uhlami skonu jednotlivých strešných častí, čo je pre návrh FV systému rozhodujúce.

Súčasťou tohto návrhu bude vytvorenie kompletnej FVE na dosiahnutie maximálnej produkcie elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov v závislosti na finančnej náročnosti spojenjej s výstavbou takéhoto systému. Návrh je teda riešený s ohľadom na finančnú návratnosť a na využitie možných dotačných príležitostí. Správne navrhnutý FV systém by rodinnému domu pomohol k tomu, aby dosiahol čo možno najvyšší stupeň sebestačnosti.



Obr. 4.2 Zobrazenie strechy (pohľad zhora) pre návrh FVE s natočením na svetové strany a s uhlami jednotlivých strešných častí

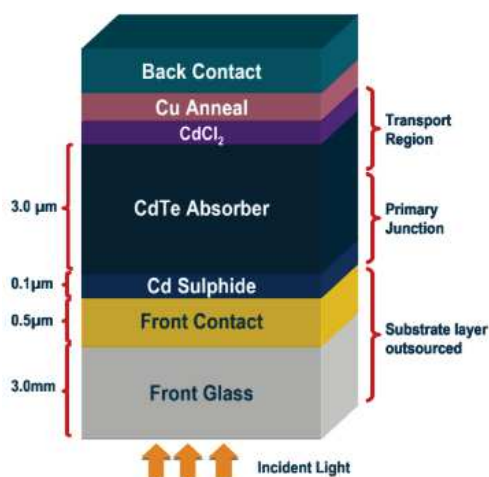


#### 4.3.2 Zvolené komponenty

Komponenty som volil na základe toho, aby ich vzájomná spolupráca umožňovala cieľený typ systému. Cieľom bolo navrhnuť hybridnú FVE s prioritnou dodávkou vyrobenej energie do elektrických akumulátorov. Pri voľbe komponentov je taktiež nápomocný aj samotný software PV SOL, ktorý ponúka na základe zadaných požiadaviek projektanta širokú škálu komponentov z vlastnej databázy.

- **Fotovoltaické panely Calyxo CX3 72,5**

Panely calyxo sa vyznačujú bezrámikovými modulmi s dvojitém sklom využívajúcimi tenkovrstvú technológiu cadmium tellurid (CdTe). Tieto panely disponujú výborným koeficientom teploty ( $-0,25\% / ^\circ\text{C}$ ) a dobrým výkonom aj pri hroších svetelných podmienkach. S tým je spojený aj vysoký ročný výnos kWh / kWp, ktorý je až o 10% lepší ako pri použití technológie C-SI. Účinnosť týchto modulov je do 11% a maximálne systémové napätie 1000 V (vhodné pre veľké projekty). Sú vhodné aj do horúcich a vlhkých prostredí. Majú vysoký výnos v situáciách s čiastočným zatienením modulov. Panely Calyxo majú taktiež veľmi priaznivú nízku hmotnosť, čo prispeva k ich voľbe pre inštaláciu na strešné konštrukcie. Ďalšou výhodou pre voľbu týchto panelov je ich výroba nemeckou osvedčenou spoločnosťou Q-Cells Calyxo (Calyxo GmbH).



Obr. 4.3 Štruktúra vrstiev panelov Calyxo série CX3

- **Solárny regulátor Victron Energy MPPT 250/100 – Tr**

Tento regulátor som zvolil najmä kvôli jeho pozícii vo svetovej špičke v oblasti FV systémov. Má vynikajúce schopnosti zaistiť maximálne solárne zisky vďaka vlastnostiam ako je napríklad ultra rýchle sledovanie bodu maximálneho výkonu FV panelu (MPPT), najmä pri zatiahnutej oblohe a pri častej zmene intenzity ožiarenia, kedy sú solárne zisky až o 30% vyššie ako pri klasických PWM regulátoroch a o 10% vyššie ako pri použití pomalších MPPT regulátorov. Účinnosť tohto regulátora dosahuje až 98% (skoro bez strát) a chladený je pasívne bez ventilátora (tiché chladenie). Regulátorom je možné dobíjať ako olovené, tak aj LiFePo<sub>4</sub> batérie.

Ochrana regulátora je tvorená vstavanou ochranou proti prehriatiu, proti skratu a ďalej aj ochranou proti prípadnému prepólovaniu. Záruka na všetky MPPT regulátory poskytuje spoločnosť Victron Energy na dobu 5 rokov.

Ďalšou prednosťou, ktorá smerovala k výberu konkrétne tohto regulátora, je použitie nových funkcií, ktoré robia systém veľmi moderným a zaujímavejším z užívateľského hľadiska. Týmito funkciami sú:

- Konfigurácia a zobrazenie MPPT regulátora pomocou rozhrania Bluetooth pre použitie smartfónu/tabletu, história dát a monitoring pomocou mobilnej aplikácie
- Možnosť rozšíriť regulátor o zásuvný display vďaka konektoru (vizualizácia)
- Možnosť diaľkového vypnutia/zapnutia pomocou vstupu pre externé zariadenie
- Disponuje vstavaným programovateľným relé umožňujúcim programovanie napríklad pomocou mobilného telefónu (napr. ako alarmové relé)



Obr. 4.4 Solárny regulátor Victron Energy MPPT 250/100–Tr

Zariadenie disponuje aj inteligentnou správou batérií tzv. Battery Life. Jedná sa o riešenie problémov v situáciách, kedy regulátor nedokáže počas jedného dňa nabiť akumulátor do plnej kapacity. V týchto situáciách sa olovené batérie (pracujúce bez pravidelného plného dobíjania) ničia v priebehu krátkeho časového obdobia (týždne/mesiace). Práve funkcia Battery Life sleduje stav nabitia akumulátorov a v prípade potreby zvyšuje napätie pre odpojenie záťaže, aby bola nasledujúci deň batéria nabitá ešte viac, čím zaistí nabitie na skoro 100% približne raz za týždeň.

- **Multifunkčný menič Victron MultiPlus 48/5000**

Tento výkonný DC-AC striedač je zvolený najmä pre jeho čisto sínusové výstupné napätie a ultra rýchle prepínanie slučky napájania (bypass) do 20ms. Jeho výkon je 5000VA a konštrukcia sa skladá z kvalitne vyhotoveného hliníkového krytu. Keďže sa jedná o rovnakého výrobcu od akého bol aj vyššie spomínaný MPPT regulátor Victron Energy, je zaistená maximálna spolupráca dôležitých komponentov FVS.

Menič MultiPlus je schopný zamedziť preťaženiu výkonovo obmedzeného striedavého zdroja prúdu. Zaistený je maximálne plynulý prechod z ostrovného, cez kombinovaný režim až po prevádzku napájanú čisto distribučnou sieťou. Ak by došlo k prerušeniu dodávky striedavého prúdu spôsobenú výpadkom alebo poruchou napájacej siete, je tento striedač schopný zaistiť neprerušenu dodávku

The image shows a close-up of a Victron Energy inverter's LCD display. The screen is blue with an orange status bar at the top. The Victron Energy logo is in the top left. A circuit diagram is shown in the center, featuring a battery symbol, a switch, and a load symbol. To the right of the diagram, there are several status indicators and labels: 'Inverter' at the top, followed by 'ON' (green), 'OFF' (red), 'FAULT' (red), and 'BATT. CHARGE' (red). Below these, there are three small circular icons: a green one with a battery symbol, a red one with a lightning bolt symbol, and a yellow one with a battery symbol.



Obr. 4.5 Multifunkčného meniča Victron MultiPlus 48/5000

- **Batterie Narada REXC-200**

Trakčné olovené batérie a celkovým výkonom 2,4 kWh so svorkovým napätím 12V a prúdom 200Ah, ktoré sú použité v celkovom množstve 16ks. Jedná sa o box zapojený sériovo-parallelne (4x4) a pripojený zo spomínaného MPPT regulátora a na spotrebiče a DS cez multifunkčný regulátor MultiPlus.

Batérie dosahujú veľmi vysoký počet nabíjacích cyklov, až 6000 cyklov pri 40% hĺbke vybitia (DoD) to znamená, že batérie sú degradované neúplným nabíjaním v menšej miere. Je to spôsobené najmä použitou technológiou s pomocou nanokarbonových vlákien. Dosahujú veľmi dobrých charakteristík vybíjania s veľkými prúdmi a ich životnosť sa pohybuje pri teplote 25° na hodnotu 20 a viac rokov. Batérie sú pre ich vlastnosti odporúčané na konkrétne použitie pre hybridné FVS systémy.



Obr. 4.6 Batéria Narada REXC-200

### 4.3.3 Návrh fotovoltaického systému v programe PV SOL

Program PV SOL je profesionálny návrhový software pre podrobný návrh FV systémov. Zaisťuje dostatočné možnosti pre modelovanie širokého rozsahu situácií, ktorých sa má návrh systému týkať. Jedná sa o vytvorenie budov rôznych tvarov a takisto aj predmetov nachádzajúcich sa v okolí. Vytváranie reálneho prostredia pre FV systém je prezentované 3D modelom, ktorý neskôr umožňuje čo najpresnejšie výpočty energetických ziskov a straty ziskov z dôvodu tienenia. Software pracuje s rozsiahlymi meteo databázami a má podrobné informácie o pohybe slnka v jednotlivých mesiacoch v roku. Jeho častou aktualizáciou databáz je zaistená možnosť používať najnovšie produkty a samotná funkcionálna program je posúvaná na stále vyššiu úroveň.

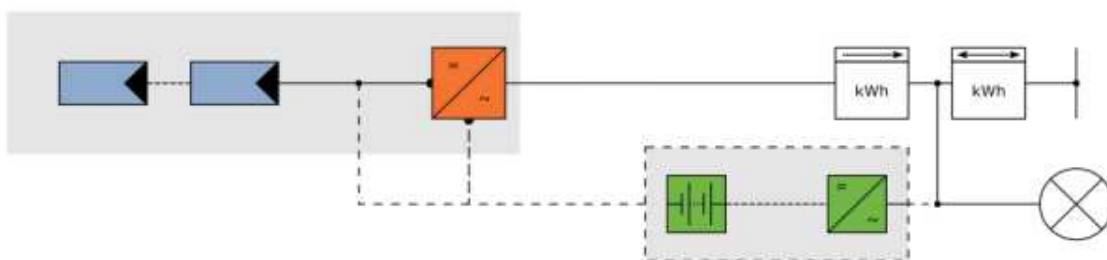
Pre vytvorenie výpočtu som v programe prechádzal viacerými zadávacími oblasťami postupne od detailného namodelovania reálneho stavu, až po vytváranie vlastných návrhov a následných výpočtov ich kvality. Zadávacie oblasti potrebné pre celkový návrh FVS sú:

- **Projektové dáta**

V tejto oblasti sa zadávajú informačné dáta projektu ako sú názov systému, informácie o investorovi alebo napríklad vloženie titulného obrázku projektu. Tieto informácie však nezasahujú do výpočtu navrhovaného systému a ide o informačný charakter.

- **Typ systému, klimatické dáta, špecifikácia siete**

V tejto časti je potrebné zvoliť základné informácie, ktoré už priamo vstupujú do výpočtu. Je tu nutné zvoliť krajinu a konkrétnu lokalitu, v ktorej sa navrhovaný systém nachádza, pre získanie podrobných klimatických dát. Najdôležitejšou úlohou v tejto časti je zvoliť typ navrhovaného systému. V programe je možnosť vybrať celkovo zo 7 typov, pričom sú na výber rôzne kombinácie s použitím Batérií, možnosťami pripojenia na DS alebo napr. nabíjacou stanicou na elektromobil. V mojom prípade som zvolil FVS, pripojený na DS ako aj na lokálnu sieť objektu s doplnením o akumuláciu batérie.

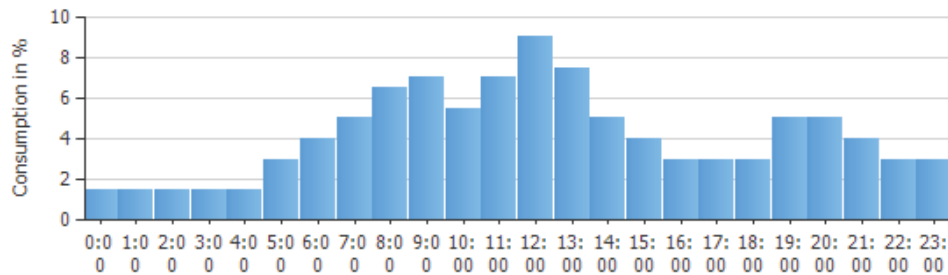


Obr. 4.7 Zvolený typ FV systému – FVS pripojený na DS a lokálnu sieť z akumulátormi

Ďalej je potrebné špecifikovať typ AC siete, do ktorej bude objekt pripojený informáciami o počte fáz, veľkosti napätia a rôznych faktorov opisujúcich kvalitu siete. Zvolil som štandardnú 3-fázovú sieť s napätím na jednej fáze 230V pričom takýto typ siete je už v predvolených typoch programu a ostatné informácie program prevzal automaticky.

- **Spotreba**

Program poskytuje široké možnosti na dosiahnutie čo najpresnejšieho napodobenia skutočného stavu. Spotrebu som definoval podľa obdržaných podkladov mesačných výkazov a celkovej ročnej spotreby. Taktiež som zadával percentuálne rozdelenie záťaže v hodinových oknách pre pracovný deň, ako aj pre víkendové dni (obr. 4.8). V programe je možnosť zadeinovať jednotlivé spotrebiče a ich časové využitie pre ešte väčšie spresnenie spotreby elektrickej energie. Zadávanie významných častí dňa (najvyšší/najnižší odber) je pre výpočet pokrytia spotreby systémom kľúčový.



Obr. 4.8 Zadané hodinové rozloženie nedeľnej spotreby v percentách

- **3D návrh**

Karta 3D návrh je akýmsi samostatným podprogramom software PV SOL, vzhľadom na presmerovanie do samostatného a odlišného prostredia s vlastnou ponukou nástrojov a inými zadávacími kartami, ktoré sa týkajú návrhu. Časti súvisiace s 3D návrhom programu PV SOL sú:

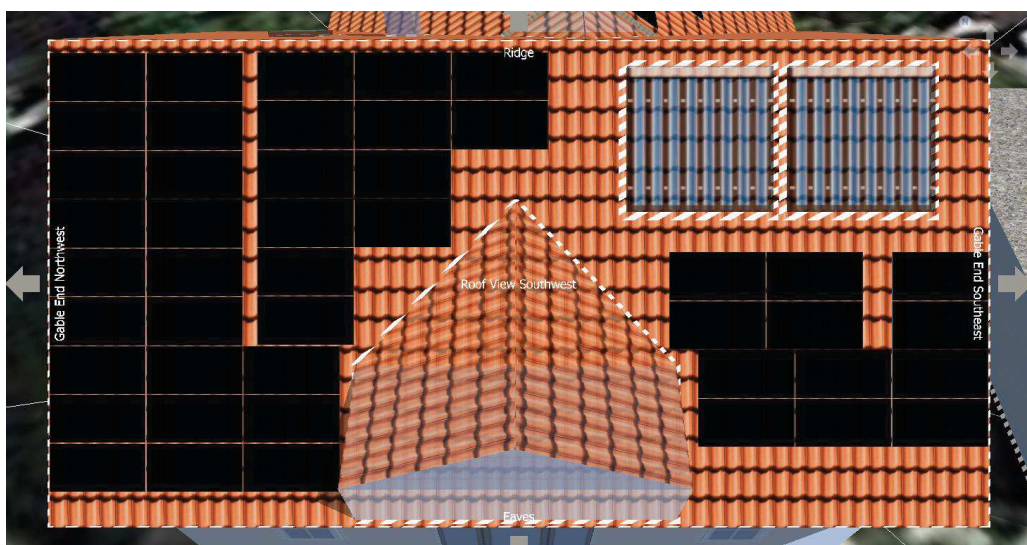
Podklad lokality - je možnosť pokračovať bez využitia podkladu lokality, ako aj s využitím satelitných snímok z viacerých satelitov. Ja som použil časť mapy, ktorej sa návrh týka, nasnímanú satelitom spoločnosti Google. Podklad je výhodný najmä pre jasnú predstavu o reálnych objektoch a ich vzdialenostiach.

Modelovanie - v tomto prípade je nutné používať obdržané stavebné dokumentácie riešeného objektu a namodelovať presnú kópiu reálnej stavby najmä s ohľadom na rozmery a sklony jednotlivých častí a ich natočenie k svetovým stranám. Ďalej som vytvoril panoramatický model horizontu pre riešený objekt. Takisto je v prípade potreby nutnosť namodelovať aj stavby a objekty v okolí, ktoré by mohli mať vplyv na výpočet solárnych ziskov, najmä ich vytváraním tieňov na navrhovanom systéme. V mojom prípade som navrhoval mierne komplikovanejší typ budovy a nejednalo sa len o plochú strechu, alebo bežnú sedlovú strechu. Model je zložený z dvoch samostatných budov vnorených do seba s dodržaním výsledných rozmerov a sklonov podľa stavebnej dokumentácie. Po namodelovaní všetkých architektonických častí budovy (najmä vplývajúcich na návrh FVS) a objektov v okolí (stromy, budovy), som pokročil z časti vytvárania stávajúceho stavu do prvej časti samotného navrhovania FVS.

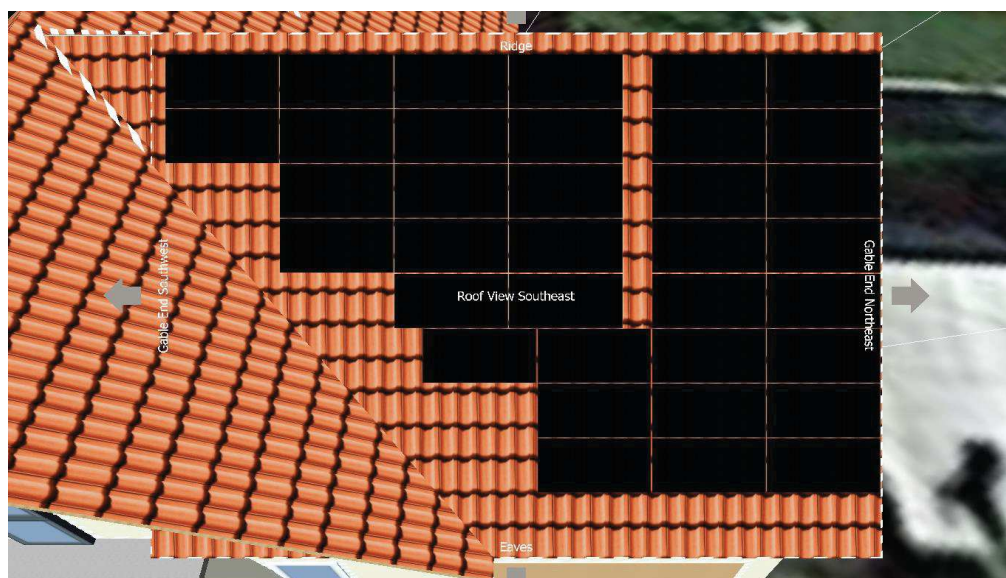
Výber a rozmiestnenie FV modulov - Ako už som spomínal a odôvodnil v časti „Zvolené komponenty“, pre tento návrh som vybral panely Calyxo CX3 72,5. Výkon panelov je 72,5 Wp, prúd pre MPP je 1,62A a ich rozmery sú 1,2 x 0,007 x 0,6 m (šírka, hrúbka, výška). Panely sa nachádzali v rozsiahlej databáze programu a tak ich špecifikácie boli automaticky pridané do projektu. S prihliadnutím na pozíciu domu vzhľadom na svetové strany je pre maximálnu efektívnosť systému možné využiť juhozápadnú (JZ)



a juhovýchodnú (JV) časť strechy. Strechy sú so sklonom  $35^\circ$ , čo je pre FV panely ideálny sklon, vzhľadom na pohyb slnka v zimných mesiacoch. Rozmiestnenie panelov na streche som tvoril skladaním viacerých zoskúpení. Panely sú rozmiestnené s ohľadom na dostupnú plochu strechy a na prípadnú údržbu panelov sú vytvorené medzery medzi skupinami panelov (obr. 4.9, 4.10). Na JZ streche je podľa obdržaných informácií už inštalované foto-termické zariadenie pre ohrev TV, a teda túto plochu pre pokrytie FV panelmi nie je možné využiť.

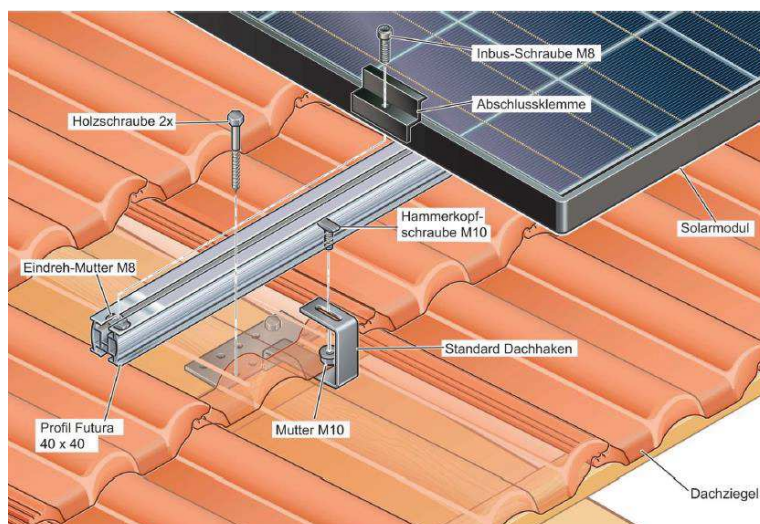


Obr. 4.9 Rozmiestnenie FV panelov na juhozápadnej (JZ) časti strechy



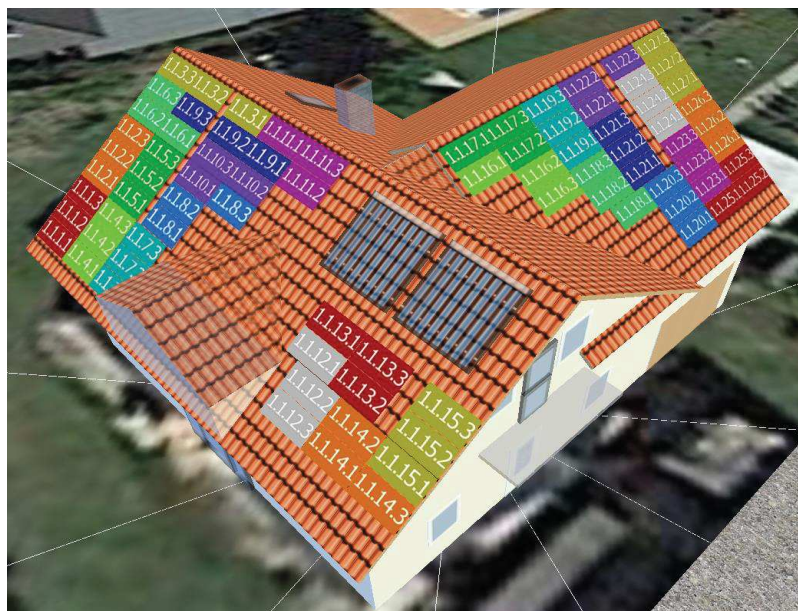
Obr. 4.10 Rozmiestnenie FV panelov na juhovýchodnej (JV) časti strechy

FV moduly budú osadené na vopred montovanej strešnej nosnej konštrukcii pre FVS inštalovaný na sedlovú (šikmú strechu), čím vzniknú medzi panelmi medzery o veľkosti 1cm. Nosné konštrukcie FV panelov budú kotvené do nosnej konštrukcie strechy, pričom sa dodržia potrebné vzdialenosti bodov ukotvenia s ohľadom na poveternostné podmienky danej lokality.



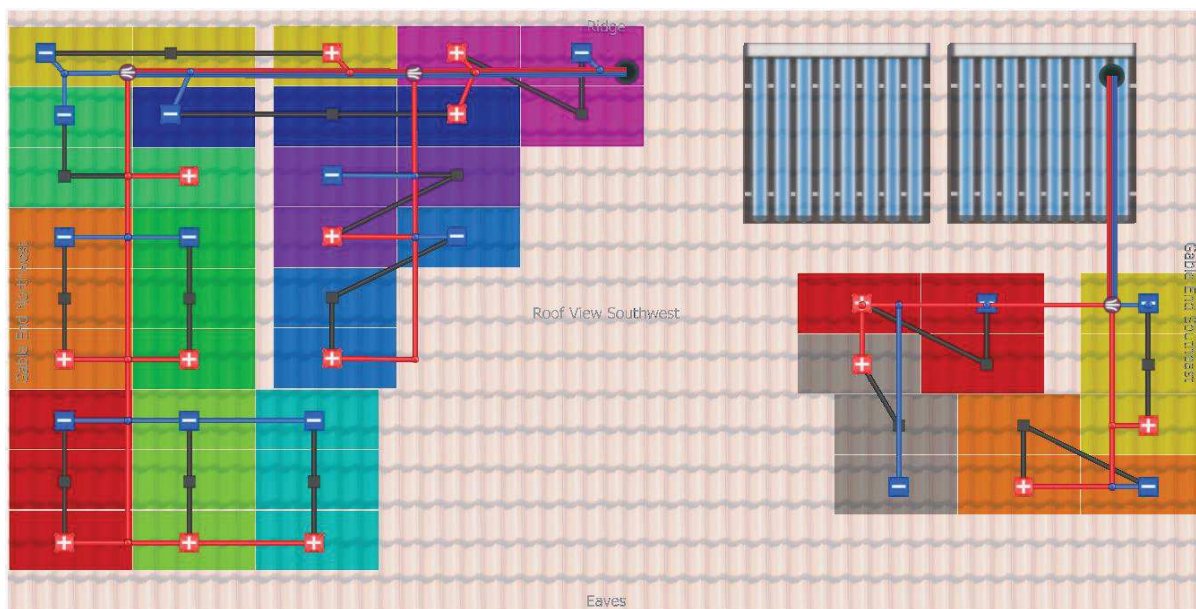
Obr. 4.11 Ukotvenie nosnej konštrukcie pre FV panely a panelov do tejto konštrukcie

**Konfigurácia modulov** - V tejto časti som rozdelil rozmiestnené panely do samostatných prepojených oddielov tzv. stringov (sériovo zapojených panelov), vzhľadom na vypočítané zatienenie panelov pohybom slnka. Zámerom teda bolo, aby tieň vytvárajúce sa na streche postupne znižovali výkony panelov rovnakého stringu, aby nedochádzalo k zbytočnému znižovaniu výkonu nezatienených panelov a prehrievaniu. JZ strecha sa skladá z 15 stringov po 3 paneloch a JV strecha z 12 stringov po 3 paneloch (celkom 17 stringov a 81 panelov). K tomuto kroku patrí aj výber striedača z databázy a priradenie jednotlivých stringov.





pól), ktoré sú ďalej spojené do zväzkov (Bundles) a tieto zväzky sú trasované do strešných otvorov (Cable Grooment). Zapojenie som navrhoval s ohľadom na prehľadnosť, neželané kríženie káblov, priame a čo možno najkratšie cesty jednotlivých trás. (obr 4.13) Prierez kabeláže použitej na pripojenie stringov do rozvádzača som definoval na hodnotu 4mm<sup>2</sup>. Program ďalej automaticky vypočíta celkové dĺžky všetkých využitých káblov.



Obr. 4.13 Navrhované zapojenie a trasovanie káblov (JZ strecha)

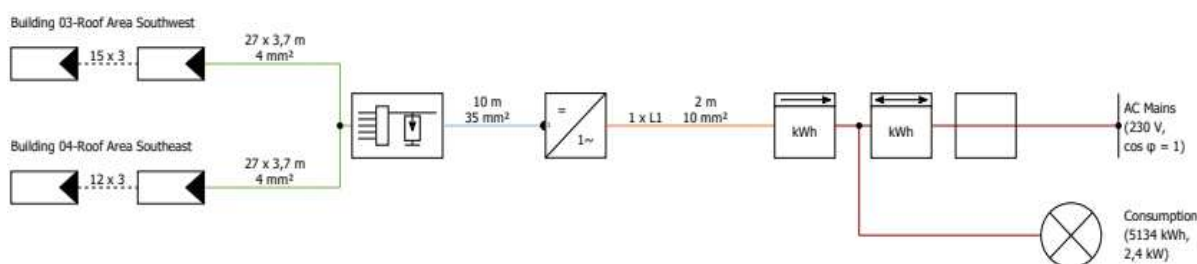
- **Batériový systém**

Typ navrhovaného systému je zvolený s možnosťou ukladania vyrobenej energie do elektrických akumulátorov. V tejto časti je priestor na kompletné vytvorenie batériového systému pomocou navrhovaných batérií. Mnou navrhovaný batériový systém sa skladá z batérií Narada 12REXC-200. Vytvoril som teda box sériovo-parallelne zapojených batérií 4 x 4 s ich celkovým inštalovaným výkonom 38,4 kWh. Napätie boxu je 48V a prúd 800Ah.

Program však pracuje a hodnotami kapacity C10, čo znamená že počíta a využiteľnou kapacitou batérie vzťahnutej ku dobe vybíjania 10 hodín. Takže celkový použiteľný výkon vo výstupe zahŕňa kapacitu batérie C10 = 165Ah (200Ah platí pre C100). Tým dôjde program k hodnote celkového prúdu boxu 660 Ah (165x4) a to vytvára rozdiel celkového inštalovaného výkonu batériového boxu (38,4 kWh) a celkového použiteľného výkonu tohto boxu (22,2 kWh). Do výpočtu celkového použiteľného výkonu taktiež zasahuje aj hodnota využiteľnej kapacity zo zachovaním maximálneho počtu cyklov. Napätie pre využiteľný výkon ostáva rovnaké (svorkové) 12V. Tento batériový box by mal zaistiť dostatočné uchovanie vyrobenej elektrickej energie pre pokrytie el. spotreby domu v čase nedostatočnej intenzity osvetlenia (nepriaznivé počasie, noc, atď.)

- **Kabeláž**

V tejto časti program ponúka výber z dvoch možností týkajúcich sa strát vedení, ktoré majú byť zohľadnené vo výpočte celkového zisku z FVS. Jednou možnosťou je zadať hodnotu celkových strát „Total Loss“ jedinou hodnotou zahŕňajúcou percentuálne straty na kabeláži. Druhou možnosťou, ktorú som využil, je zadanie všetkých prierezov použitých káblov, spolu s ich dĺžkami potrebnými na prepojenie celého systému. Vzhľadom na obdržanú podrobnú podkladovú dokumentáciu objektu, bolo možné postupným plánovaním trias dôjsť k reálnym vzdialenostiam medzi navrhovanými komponentami. Výstupom takéhoto podrobného zadávania jednotlivých káblov je schematické znázornenie celého systému s prehľadnými popismi dĺžok a prierezov každého úseku (viď. Obr. 4.14).



Obr. 4.14 Prepojenie zvolených komponentov navrhovanou kabelážou z popisom

- **Prispôsobenie výkresovej dokumentácie**

Táto časť ponúka prispôsobenie výkresovej časti projektu pre finálny výstup návrhu FVS. Skladá sa zo schémy (Obr. 4.14) doplnenej o batériový blok a o požiadavky na výkresovú dokumentáciu navolené v tejto časti. Je tu možné zvoliť použitie farieb pre oddelenie jednotlivých úsekov, a rôzne ďalšie prispôsobenia vytvárajúce čo najprehľadnejšiu schému systému ako aj vloženie legendy pre podrobný popis komponentov nachádzajúcich sa v schéme a taktiež pre výkresovú dokumentáciu špecifické razítko so základnými informáciami týkajúcimi sa projektu. Tento výkres je možné exportovať do rôznych formátov, pričom v mojom prípade je k dispozícii v prílohách tejto diplomovej práce vo formáte A4.

- **Finančná analýza**

Aby som dospel k výsledkom ekonomickej stránky navrhovaného opatrenia, musel som do programu v tejto časti zadať výdavky a príjmy (tarifikácie) za elektrickú energiu, ktoré sa týkajú konkrétneho odberného miesta a spoločnosti poskytujúcej danú distribučnú sieť. Cena pri kúpe elektrickej energie pre daný objekt je aktuálne 0,18€ (4,5 Kč) a cena za spätný výkup elektrickej energie je 0,032€ (0,8 Kč). Je možné zvoliť ako možnosť výpočtu pre prípad predávania prebytkov FV systému späť do DS, tak aj dodávku do DS prostredníctvom dvojitého tarifu, kde sa započítava do zakúpenej elektrickej energie (elektromer sa otáča dozadu).

Taktiež je potrebné zadať cenu za navrhovanú investíciu, ktorá sa zadáva v celkovej sume alebo v cene za 1 kWp inštalovaného výkonu systému. V mojom prípade ide o čiastku 2665,51 € za 1 kWp inštalovaného výkonu FVS, ktorá zahŕňa ceny všetkých komponentov ako aj samotných montážnych a ostatných výdavkov. Výpočet zadávanej ceny za 1 kWp inštalovaného FVS je nasledovný:

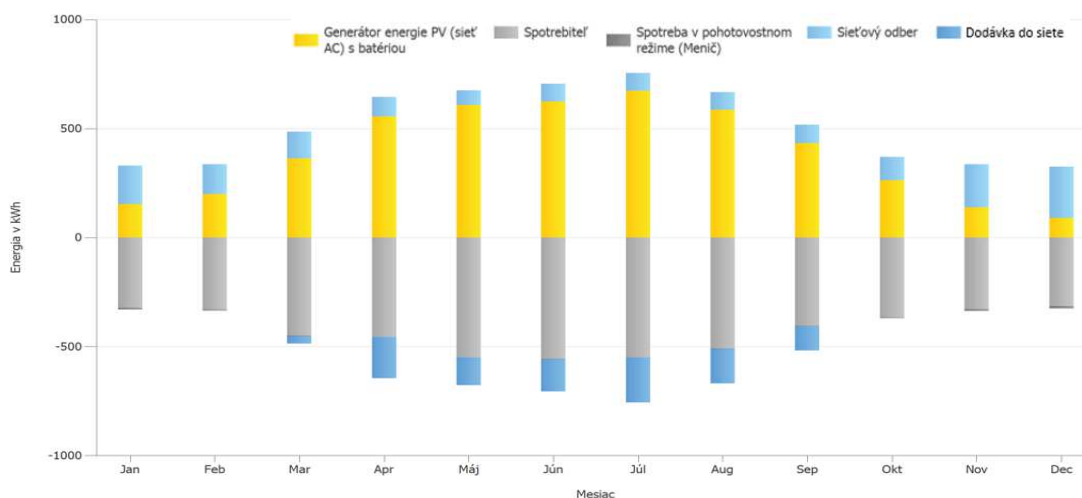
Tabuľka 4.1 Výpočet finančnej náročnosti projektu zadávanej do programu PV SOL

	počet kusov	cena za kus (bez DPH) €	cena celkom (bez DPH) €
Menič Victron MultiPlus-II 48/5000/50A	1	1586,76	1586,76
Kontrolný panel Victron Color control GX	1	462,48	462,48
Prúdový senzor Victron pre MultiPlus-II	1	39,32	39,32
Battery monitor Victron BMV-702	1	160,32	160,32
Montážny rámček spoločný pre CCGX a BMV	1	47,6	47,6
Panely, cena za 1 kWp	6	418,4	2510,4
Konštrukcia	1	800	800
Inštalčný materiál	1	640	640
Batérie Narada	16	462,48	7399,68
Práca	1	2000	2000
Cena celkom pre FVE (5,87 kWp))		6617,36	15646,56
Cena celkom za 1 inštalovaný kWp			2665,51

V tejto časti je tiež možné veľmi podrobne zadať spôsoby financovania investície, zdaňovania, zahrnutie poskytnutých dotácií na navrhovaný systém a ďalšie rozsiahle podrobnosti vplývajúce na finančnú stránku projektu.

- **Výpočet**

Program tu poskytuje predbežné výstupy navrhovaného systému. Sú tu uvedené základné informácie pre určenie kvality navrhovaného systému (PR, stupeň sebestačnosti, návratnosť, atď.) a je možné skontrolovať a prispôbiť návrh pred jeho finálnym výstupom v poslednej časti programu. Je možné si navoliť ľubovoľné charakteristiky, ktoré sú požadované vo výstupe. Výstupy z tejto časti projektu budú využité pri porovnávaní a ekonomickom zhodnotení v šiestej časti tejto práce.



Obr. 4.15 Grafická prognóza výnosov so spotrebou pre navrhovaný FVS (16 ks batérii)

- **Prezentácia**

Samozrejmosťou profesionálneho software, akým je PV SOL, je aj výstup, ktorý poskytne všetky dôležité informácie o systéme v kombinácii s veľmi efektívnu vizuálnou stránkou, ktorú tvoria navolené fotografie z rôznych častí navrhovania projektu, najmä z časti 3D Návrhu. Je možné vybrať medzi prezentáciou „pre zákazníka“ a „dokumentáciou“, pričom sa jedná o veľmi podobné výstupy s tým rozdielom, že prvá možnosť je prispôbená viac vizuálnej stránke, a druhá možnosť zase naopak poskytuje o niečo viac technických informácií. Konečný výstup z programu PV SOL sa nachádza v prílohách tejto práce.



Obr. 4.16 3D náhľad na navrhnutý FV systém ako súčasť prezentácie

## 5 Vytvorenie projektovej dokumentácie

Tento bod diplomovej práce je zameraný na vytvorenie projektovej dokumentácie zadaného rodinného domu. Celá vypracovaná projektová dokumentácia sa nachádza v prílohách tejto diplomovej práce. Zahŕňa svetelnú (silnoprúdu a slaboprúdu) časť, zásuvkovú časť inštalácie a taktiež fotovoltaiickú časť navrhovaného FVS rozoberaného v štvrtom bode tejto práce.

Základný rozsah projektovej dokumentácie obsahuje nasledovné časti:

- Technická správa Rodinného domu
- Protokol o určení vonkajších vplyvov
- Výkresová časť dokumentácie rodinného domu:
  - Svetelná výkresová dokumentácia
    - Rozmiestnenie svetiel a svetelných skupín (1NP, 2NP)
    - Ovládanie svetiel a svetelných skupín (1NP, 2NP)
    - Schémy zapojenia rozvádzačov RS1, RM1, RS2+RM2
    - Dispozičné schémy rozvádzačov RS1, RM1, RS2+RM2
    - Digitálne vstupy a výstupy DI/DO (12V) modulov PCR\_A až PCR\_H
    - Digitálne výstupy SSR (230 V) modulov PCR\_A až PCR\_H
  - Zásuvková časť výkresovej dokumentácie
    - Rozmiestnenie zásuviek (1NP, 2NP)
    - Hlavný rozvádzač RH0 (4. časti)
  - Pripojenie rodinného domu
    - Situácia prípojky nn
    - Elektromerový rozvádzač RE1
- Technická správa HFVE
- Výkresová časť dokumentácie HFVE :
  - Napojenie FVE do DS a súvisiace rozvádzače FVE1 a RR0
    - Jednopolová schéma pripojenia HFVE do DS
    - Rozvádzač FVE1
    - Situačné rozmiestnenie FV panelov
- Pomocný rozvádzač RRO
  - RRO pre doplnenie svetelnej, zásuvkovej a fotovoltaiickej časti dokumentácie
    - Schémy zapojenia rozvádzača RR0 (4 časti)
    - Digitálne vstupy a výstupy DI/DO (12V) modulu PCR\_I
    - Digitálne výstupy SSR (230 V) modulu PCR\_I
    - Blokova schéma riadiaceho modulu „PCR“

Výkresová časť celej projektovej dokumentácie je spracovaná na výkresoch formátu A3 pre zachovanie prehľadnosti. Projektová dokumentácia je spracovaná podľa platných predpisov, noriem ČSN, katalógov výrobkov platných v dobe spracovania projektovej dokumentácie. Sú to hlavne tieto normy: ČSN 33 2000-4-41, ČSN 33 2000-4-43, ČSN 33 2000-3, ČSN 33 2000-5-51, ČSN 33 2000-5-52, ČSN 2000-5-54. Pre FV časť projektovej dokumentácie je použitý široký rozsah zasahujúcich technických noriem a predpisov uvedených v technickej správe HFVE v prílohách tejto diplomovej práce.

Vzhľadom k pomerne rozsiahlej projektovej dokumentácii, sa v tejto časti sa budem venovať len konkrétnym, menej štandardným častiam, vyskytujúcim sa pri tvorbe projektovej dokumentácie, ktoré bolo potrebné špeciálne navrhnuť a spracovať do celku. Jedná sa o špecifickú svetelnú dokumentáciu a o dôležitú výkresovú časť dokumentácie fotovoltaiického systému.

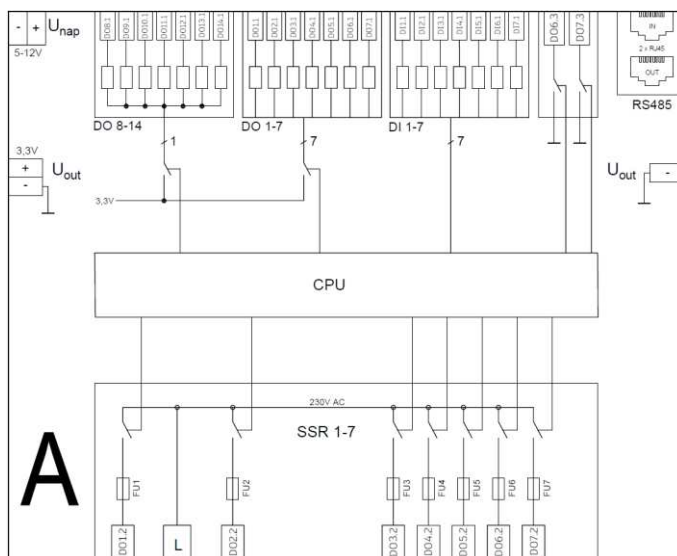


## 5.1 Svetelná časť projektovej dokumentácie

Táto časť projektovej dokumentácie je špecifická, pretože sa jedná o netypickú inštaláciu svetelných rozvodov. Svetlá sú spínané a rozpínané pomocou riadiaceho systému. Nejedná sa však o inteligentné riadenie pomocou bežných riadiacich modulov použitých napr. v systémoch KNX, Loxone, TECO alebo Control4.

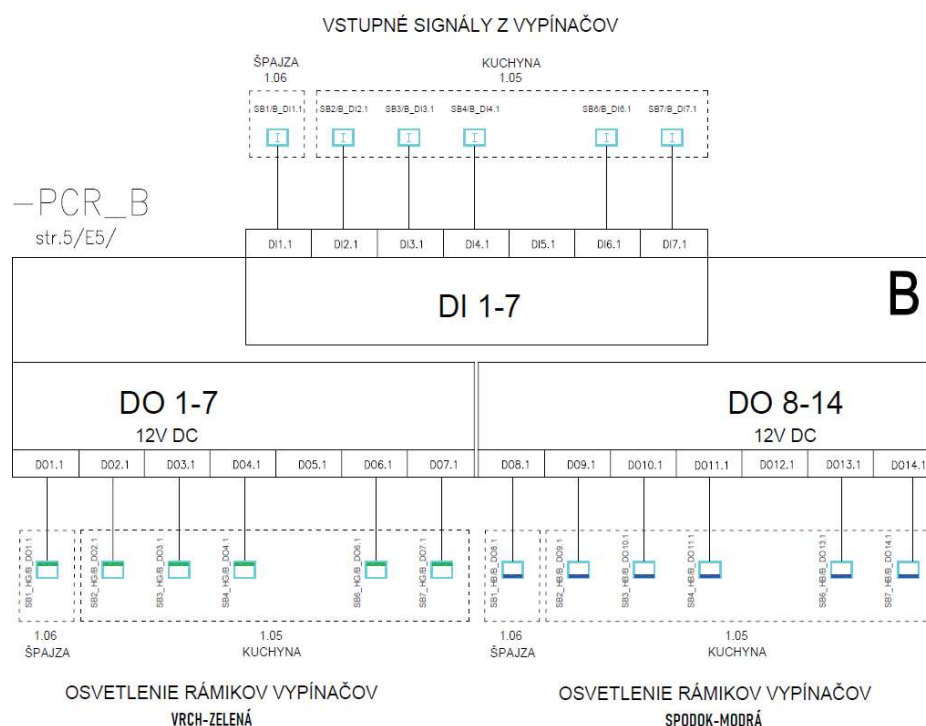
### 5.1.1 Riadiaci modul PCR

V tomto prípade sa o riadenie svetelných koncových členov stará riadiaci modul PCR, ktorý zaisťuje, ako ich hlavnú funkciu, tak aj signály prezentujúce spätnú väzbu, posielané späť do vypínačov. Riadiaci systém svetelnej inštalácie neobsahuje žiadnu komunikačnú zbernicu. Signály používané pre riadenie svetiel ako aj pre spätnú väzbu sú 12V signály spracovávané a vysielané samotným modulom PCR. Po spracovaní vstupných signálov z vypínačov sa súčasne so spätno-väzobnými signálmi zopínajú aj priradené výstupné kontakty pracujúce už s napätím 230V. Tieto výstupné signály sú napájacím napätím pre meniče, napájajúce priamo koncové akčné členy (svetlá). Jeden riadiaci modul PCR má celkovo 7 digitálnych vstupov (12V) a 14 digitálnych výstupov (12V) zaisťujúcich spätnú väzbu. Na druhej strane modulu sa nachádza 7 digitálnych výstupov (230V) pre napájanie koncových svetiel pomocou príslušných meničov. Spínanie týchto výkonových výstupov majú na starosti spínače SSR a vstupné signály sú spracovávané mikroprocesorom (CPU). Ten ďalej podľa programového kódu odosiela spätnú väzbu o aktuálnom stave späť do miest pre vytváranie požiadaviek (vypínače na stenách). Táto spätná väzba sa prejavuje formou svetelnej informácie v oblasti hranice vypínača a rámčeku, v ktorom je vypínač umiestnený. Jedná sa o tzv. podsvietenie vypínača, tvorené dvojstupňovým podsvietením (nad/zelená, pod/modrá) s použitím LED diód. Keďže procesor modulu PCR, je schopný spracovávať a rozlišovať aj vstupné signály rôznych časových úrovní ( $>1s$ ,  $<4s$ ,  $\geq 4s$ ), je taktiež jeho úlohou vytvárať aj príslušné výstupné signály spomínaných podsvietení (trvalé svetlo, blikanie). Pre túto funkcionality zohľadňujúcu vplyv časových úrovní vstupných impulzov na výstupné signály modulu, je vytvorená „tabuľka signálov“. Na riadenie svetiel je použitých celkovo 8 modulov PCR (4ks-1.NP, 4ks-2.NP).



Obr. 5.1 Vlastný návrh riadiaceho modulu PCR

Na základe takto navrhnutého riadiaceho modulu a pomenovania jeho jednotlivých vstupov a výstupov som ďalej pristúpil k tvorbe výkresovej časti svetelnej dokumentácie. Vytvorenie pôdorysov so všetkými informáciami bolo navrhované s čo najväčšou prehľadnosťou. Súčasťou projektovej dokumentácie svetelnej časti je aj pripojenie všetkých vstupných a výstupných členov k jednotlivým svorkám riadiacich modulov „PCR“. Výstupy spínané pomocou SSR pracujúce s napätím 230V pre napájanie svetiel sú skreslené na samostatných výkresoch.



Obr. 5.2 Pripojenie vstupov a výstupov 12V (spätnej väzby) k modulu PCR\_B

Na ovládanie svetelnej časti riešeného rodinného domu sú využité celkovo 3 rozvádzače v budove. Pre spodné poschodie (1NP) sú to podružné rozvádzače RS1 a RR0. V rozvádzači RS1, nachádzajúcom sa v komore pod schodiskom sú umiestnené 3 moduly PCR (PCR\_A, PCR\_B, PCR\_C). Hneď vedľa rozvádzača RS1 je umiestnený ďalší rozvádzač s názvom RM1, v ktorom sa nachádzajú iba meniče AC/DC, napájajúce svetlá a svetelné skupiny, pomocou spínaných signálov 230V z riadiacich modulov v rozvádzači RS1. Druhý rozvádzač RR0 sa nachádza v garáži a obsahuje blok PCR\_I. Zároveň je v tomto rozvádzači umiestnený aj menič AC/DC, napájajúci príslušné svetlá podľa vytvoreného označovania a taktiež sú v ňom umiestnené aj zásuvková časť elektrických rozvodov objektu a doplnkové istenie pre navrhovaný FVS. Na vrchnom poschodí (2NP) sa o svetelnú časť stará jeden veľký rozvádzač RS2+RM2. V tomto rozvádzači sa nachádza celkom 5 modulov PCR (PCR\_E, PCR\_F, PCR\_G, PCR\_H a PCR\_R), pričom modul PCR\_R je využívaný na riadenie rekuperácie vzduchu a nie na riadenie svetiel. Taktiež sa v rozvádzači nachádzajú aj všetky využité meniče AC/DC pre napájanie celého vrchného poschodia rodinného domu (2NP). To je dôvod prečo som označil rozvádzač spojeným názvom RS2+RM2. Združuje komponenty nachádzajúce sa v rozdielnych rozvádzačoch, ako to platí pre spodné poschodie (RS1, RM1). Dispozičnú schému rozvádzača RS2 je možné vidieť na obr.5.2, ktorú som skreslil podľa súčasného stavu.

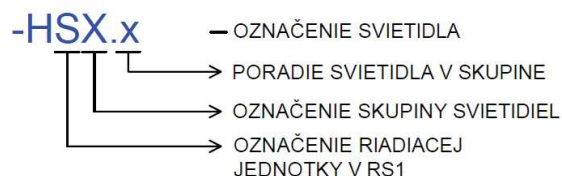
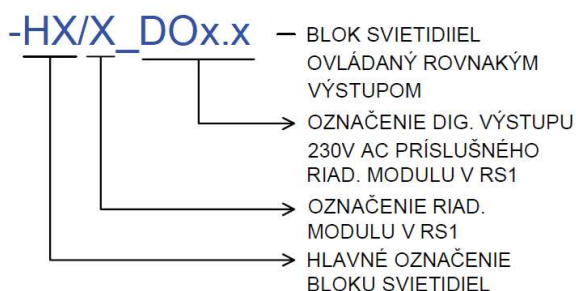


### 5.1.2 Navrhnuté označovanie v svetelnej časti projektovej dokumentácie

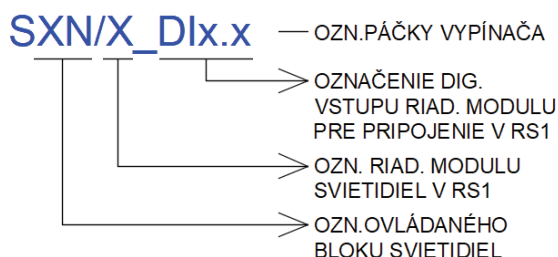
Pre dosiahnutie maximálnej prehľadnosti so zachovaním potrebného obsahu informácií v jednotlivých názvoch, som vytvoril jednotný typ značenia súvisiacich častí svetelnej dokumentácie.

- Značenie pre ovládané svetlá a skupiny svetiel v budove :

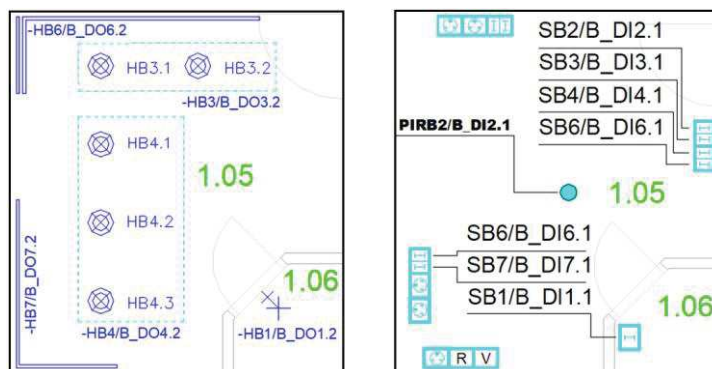
Vzhľadom na to, že svetlá sú zopínané väčšinou v skupine (bloku) svetidiel, ovládaných jedným DI/DO, je navrhnuté označenie zvlášť pre jednotlivé svetidlá a pre skupiny svetidiel nasledovne :



- Značenie pre ovládacie prvky svetiel a svetelných skupín v budove :



Pomocou tohto značenia je vytvorená priama väzba s vyššie spomínanými modulmi PCR, spolu s ich zapojením na konkrétne vstupy a výstupy. Toto značenie som využíval pre celú svetelnú časť projektovej dokumentácie. Ukážka pôdorysu využívajúceho nové značenie je na Obr. 5.3



Obr. 5.3 Ukážka použitého značenia v dokumentácii (vľavo svetlá, vpravo ovládanie svetiel)

Pre vysvetlenie využijem obr.5.3, podľa ktorého môžeme už z názvu získať všetky potrebné informácie o väzbách jednotlivých svetelných prvkov.

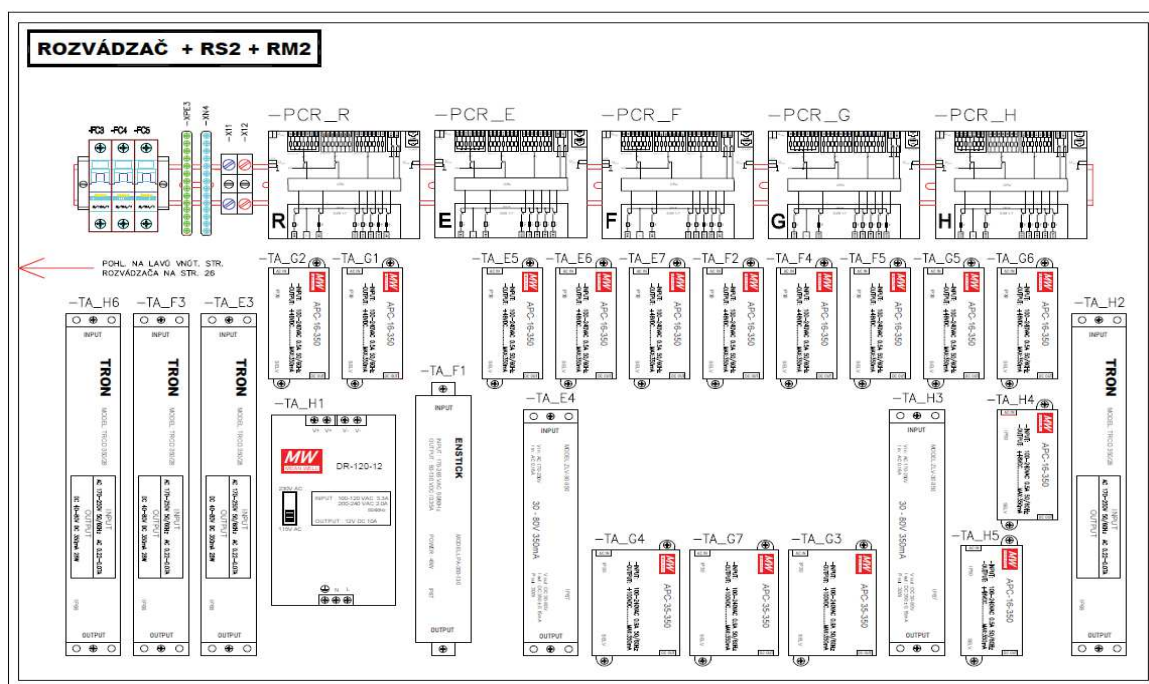
V ľavom obrázku vidíme, že svetlo „HB4.2“ je v poradí druhé svetidlo nachádzajúce sa v spoločnej skupine svetiel „HB4“, ktorá je pripojená na radiaci modul „B“ (PCR\_B), a na jeho konkrétny výstup „DO4.2“ Združenie týchto informácií dokopy je teda „HB4/B\_DO4.2“.

Z pravého obrázku potom vidíme, že ovládanie tohto svetla prezentuje ovládací prvok „SB4“, pripojený tento krát na vstup „DI4.1“ rovnakého bloku B (PCR\_B). Celý názov je teda „SB4/B\_DI4.1“. Rovnakými názvami sú označované aj ovládacie prvky „PIR“, ktoré sú taktiež pripojené na vstupy radiacích modulov, a tak bolo možné použiť rovnaké názvy ako pre vypínače s tým rozdielom, že sa nejedná o označenie vypínača (SB) ale o označenie senzoru (PIR).

### 5.1.3 Ďalšie časti projektovej dokumentácie osvetlenia

Ďalšími výstupmi z tejto časti práce sú aj prehľadové schémy rozvádzačov pre osvetlenie (RS1, RM1, RS2 + RM2), jednopólové a viacpólové schémy ako aj napríklad dispozičná schéma komponentov v rozvádzači s 3D pohľadom, pre čo najpresnejšie skreslenie vyhotovenia týchto rozvádzačov.

Príklad jednej takejto dispozičnej schémy je na obr. 5.4, na ktorej môžeme vidieť rozvádzač RS2+RM2, združujúci všetky prvky podieľajúce sa na napájaní a riadení svetelných rozvodov druhého poschodia rodinného domu (2NP). Pri skresľovaní takýchto dispozičných výkresov bolo nutné vychádzať z aktuálnych informácií a fotografií. Dôraz kladený na ich presné vyplnenie komponentami je kladený najmä pre úlohu týchto výkresov. Tieto výkresy budú trvalo umiestnené v príslušných rozvádzačoch a budú slúžiť na rýchle a jednoznačné zorientovanie sa v komponentoch rozvádzača pre osoby vykonávajúce meranie, údržbu a opravy jednotlivých častí svetelných rozvodov. Označenia jednotlivých komponentov majú pomocou svojich názvov vytvorenú priamu väzbu na ostatné časti výkresovej dokumentácie, ako sú napríklad schémy zapojenia, a to vedie k podstatnému zníženiu časovej náročnosti pri vykonávaní spomínaných úkonov.



Obr. 5.4 Prehľadová schéma rozvádzača RS2+RM2

## 5.2 Výkresová časť projektovej dokumentácie navrhnutého FVS

V tejto časti som vytváral projektovú dokumentáciu týkajúcu sa navrhnutého FVS. Ide o hybridný FVS, ktorý je navrhovaný a popísaný v štvrtej časti tejto práce. Aj napriek tomu, že som navrhoval a vytváral tento systém v programe PV SOL, bolo potrebné vypracovať aj ucelenú projektovú dokumentáciu obsahujúcu technickú správu a dôležité výkresy, ktoré program PV SOL vo výstupe neposkytuje. Jedná sa najmä o jedнопólovú schému napojenia FVE na DS a schému rozvádzača +FVE1, zaisťujúceho ochranu a pripojenie celého vonkajšieho FVS tvoreného panelmi Calyxo. Technická správa obsahuje potrebné dôležité informácie o navrhovanom systéme spolu s príslušnými normami, ktorých sa vyhotovenie FVE priamo týka. Celá vytvorená projektová dokumentácia je v prílohe B. tejto diplomovej práce.

### 5.2.1 Jedнопólová schéma napojenia FVE na DS

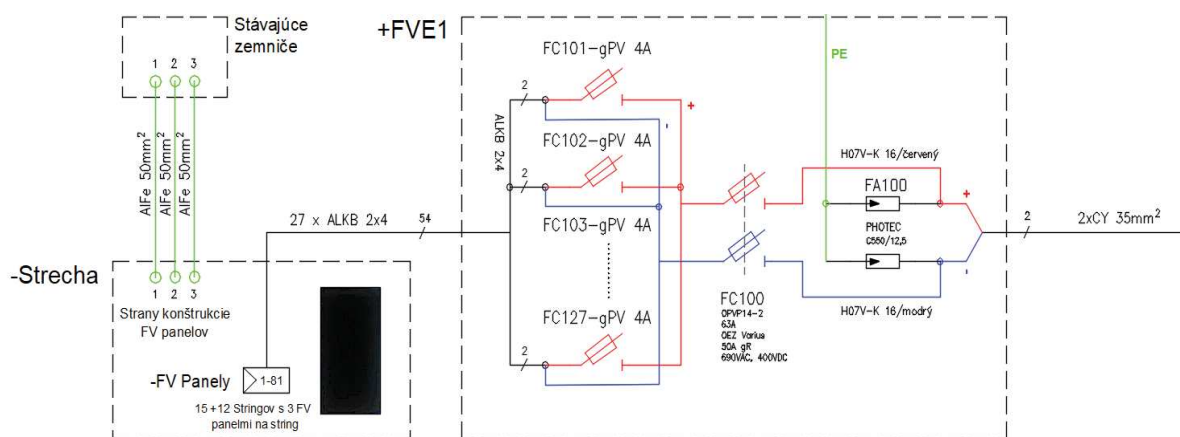
Táto časť dokumentácie je najdôležitejšia z hľadiska prehľadu a spôsobu zapracovania navrhutej fotovoltickej elektrárne do existujúcich rozvodov elektrickej energie. Je v nej možné vidieť cestu vyrobenej elektrickej energie od jednotlivých generátorov (panelov), cez vnútornú sieť objektu, až po rozvádzač umožňujúci pripojenie objektu z distribučného vedenia. Do jedнопólovej schémy som zahrnul všetky rozvádzače spojené s výrobou, rozvodom a istením elektrickej energie. Súčasťou je aj rozvádzač pripojený na vzdušné vedenie DS cez poistkovú skriňu. V nasledujúcej časti popisujem vytvorenú jedнопólovú schému.

Vyrobená energia sa z celkovo 81 kusov panelov Calyxo dostáva najskôr do rozvádzača +FVE1, v ktorom sú privedené jednotlivé stringe pomocou káblov ALKB 2x4mm<sup>2</sup> (+ a -) vedených z vonkajšej časti strechy od každého umiestneného stringu. Celkovo teda rozvádzač +FVE1 združuje 27 paralelne zapojených stringov. V tomto rozvádzači je každý string istený zvlášť poistkovými odpojovačmi FV101 až FC127 s použitím tavných, valcových poistiek o menovitej hodnote prúdu 4A. Celý takto napojený systém je pripojený cez hlavný poistkový odpojovač FC100 s poistkami gR o nominálnej prúdovej hodnote 50A, káblami H07V-K 16/červený (+) a H07V-K 16/modrý (-) na zvodíči prepätia FA100 s impulzným bleskovým prúdom 12,5 kA. Takto zabezpečená vyrobená elektrická energia je v ďalšej časti systému privedená do rozvádzača +RR0 pomocou kábla 2x CY 35mm<sup>2</sup>. V tomto rozvádzači sa nachádza poistkový dvojпólový odpojovač pre FVS a taktiež je tu opätovne použitý zvodíči prepätia pre dodržanie príslušnej triedy ochrany zariadenia pred bleskom. Z rozvádzača +RR0 je systém ďalej vedený do MPPT trackera 250/100-Tr pomocou kábla 2x CY 35mm<sup>2</sup>, ktorého úlohou je využívať bod maximálneho výkonu v závislosti od prúdu a napätia. Z MPPT trackera je energia smerovaná prioritne do akumulátorového boxu s celkovým dostupným výkonom 28,8 kWh (12ks x 2,4 kWh). Tiež je tu vytvorené pripojenie do striedača Victron MultiPlus, ktorý v tejto FVE prezentuje „mozog“ celého systému. Jeho úlohou je kontrolovať, riadiť, a v prípade poruchy odpínať fotovoltický generátor od zvyšnej lokálnej a distribučnej siete. Striedač Victron MultiPlus má mnoho ďalších funkcií a možností pre čo najefektívnejšie prispôbenie systému konkrétnym požiadavkám užívateľov. Čo je však najdôležitejšie pre tento komponent, je to, že nám umožňuje pripojenie vyrobenej (naakumulovanej) elektrickej energie na lokálnu a distribučnú sieť už vo forme striedavého napätia 230V s veľmi kvalitnými parametrami výstupu a veľmi prepracovaným strážením sínusoidy výstupného napätia. Striedač má možnosť pracovať s tromi fázami, avšak vzhľadom na to, že mnou spracovávaný rodinný dom pracuje v drivej väčšine s jednofázovým rozvodom, je pripojenie tvorené pomocou jednofázového zapojenia. V rodinnom dome sú ako jediné trojfázové prvky použité dve trojfázové zásuvky v garáži.

Tento 3 fázový rozvod je istený 3 pólovým ističom z menovitým prúdom 32A a charakteristikou B. Pre zvyšok lokálnej siete objektu je využitá fáza L1 istená jedнопólovým ističom FC1 s nominálnym prúdom 25A a charakteristikou B (pred strieďačom) a ističom FC2 s nominálnym prúdom 40A a charakteristikou B (za strieďačom). Spomenuté istenie a pripojenie strieďača do AC časti zahŕňa hlavný domový rozvádzač +RH0, odkiaľ sú vedené všetky rozvodné vetve k podružným rozvádzačom ako aj ku konkrétnym koncovým spotrebičom. Do rozvádzača +RH0 je privedený prívodný kábel CYKY-J 4x16 mm<sup>2</sup> napojený z elektromerového rozvádzača +RE1 nachádzajúceho sa na hranici pozemku. V rozvádzači +RE1 sa nachádza stávajúci 3f elektromer ktorý bude vymenený za štvorkvadrantový 3f priamy elektromer (dodávka od ČEZ Distribúcie a.s.). V tomto výkrese je tiež zakreslené uzemnenie všetkých dôležitých častí systému samostatným káblom (H07V-K 16/zelenožltý) do hlavnej ochrannej prípojnice (HOP). Jedná sa o pripojenie rozvádzača +FVE1, +RR0 a strieďača (-INV1). Ako ochrana pred bleskom vonkajšej časti FVS je vo výkrese znázornené napojenie jednotlivých 3 strán konštrukcie FV panelov na stávajúce 3 zemniče drôtom AlFe 8mm<sup>2</sup>.

## 5.2.2 Schéma rozvádzača + FVE1

Tento rozvádzač a jeho funkcia je principiálne opísaná už v predchádzajúcom popise jedнопólovej schémy pripojenia FVE do DS. Schéma rozvádzača +FVE1 je pomerne jednoduchá s opakujúcimi sa istiacimi vetvami jednotlivých stringov. Túto schému som pre účely predchádzajúceho jedнопóloveho výkresu a taktiež tejto práce zjednodušil do relatívne malého bloku, ktorý je vidieť na obr. 5.5. Tento blok obsahuje všetky potrebné informácie o komponentoch, funkcii a prepojení rozvádzača s ďalším systémovým celkom. Na ľavej strane sa jedná o napojenie panelov káblami ALKB 2x4 mm<sup>2</sup> a na pravej strane o napojenie do rozvádzača +RR0 káblom 2x CY 35mm<sup>2</sup>, smerom k miestu spotreby elektrickej energie. Je to prvá časť skresleného systému zo strany výroby elektrickej energie.



Obr. 5.5 Zjednodušená schéma (blok) rozvádzača +FVE1

## 6 Porovnanie a zhodnotenie energetických a ekonomických parametrov

V tejto časti práce porovnáam a zhodnotím všetky navrhované varianty na zníženie ENB za účelom výberu tej najvhodnejšej. Pre navrhovaný systém v bode 4 tejto práce je možnosť vytvoriť viacero variácií v oblasti akumulácie. Výber bude uskutočnený s ohľadom na dôležité parametre charakterizujúce systém ako aj na splnenie podmienok pre možnosť čerpania dotácií. Konečná a najvýhodnejšia verzia navrhnutého FVS bude ďalej zapracovaná do väčšieho celku, a to znamená, že navrhovaný FVS je použitý ako jedno zo 4 opatrení, navrhovaných pre zníženie ENB. Porovnávanie a výber najvhodnejšieho návrhu FVS a najvhodnejšej varianty bolo spracované programami, ktoré pracujú s rozdielnymi menami (€/Kč). Z toho dôvodu je cena zvoleného FVS prepočítaná z EUR do CZK podľa kurzu aktuálneho v čase vypracovania práce.

### 6.1 Porovnanie a zhodnotenie navrhnutého FVS

Pre porovnanie navrhovaného systému a jeho rôznych variácií, vzhľadom na zmenu parametrov, budem v tejto časti využívať tabuľky s vypočítanými hodnotami. Navrhovaný systém, tak ako je opísaný v časti „Návrh FVE“, je výpočtom charakterizovaný v Tabuľke 6.1

Tabuľka 6.1 *Vyhodnotenie navrhnutého FVS s počtom batérií 16 ks*

Podiel vlastnej spotreby	79,4	%
Stupeň sebestačnosti	71,9	%
Koeficient využitia zariadenia (PR)	67,6	%
Doba návratnosti investície	21,8	roky
Kumulatívny cashflow	3156,97	€

Takto navrhnutý FVS je veľmi výhodný z hľadiska sebestačnosti rodinného domu a stupňa vlastnej spotreby. Jeho nevýhodou je veľká obstarávacia cena a s tým súvisiaca dlhá doba návratnosti investície (21,8 rokov). Táto nevýhoda je spôsobená najmä cenou batériového boxu, kde je použitých až 16ks batérií Narada REXC-200 pre uchovanie čo najväčšieho množstva energie. Cena takejto batérie sa pohybuje v závislosti na dodávateľovi v rozmedzí 450-550 €/ks (bez DPH). Pre výpočet je použitá cena 462,5 €/ks, a to znamená že z celkovej investičnej náročnosti tohto návrhu (15 646,56€) tvoria náklady na samotné použité batérie takmer 50% (7400€). Tento systém bol navrhovaný predovšetkým s ohľadom na čo najväčšiu mieru využitia vyrobenej elektrickej energie pre vlastnú spotrebu domu. Z ekonomického hľadiska teda nedisponuje návrh priaznivými výslednými parametrami, avšak jeho prednosťou je vysoký potenciál dosiahnutých parametrov z ekologického hľadiska. Navrhovaný systém obsahuje myšlienku vytvoriť čo najekologickejší systém pre výrobu elektrickej energie pri uvažovaní návratnosti investície na hrane životnosti samotného systému. Vzhľadom na veľmi nízku výkupnú cenu vyrobenej elektrickej energie je totižto takýto predaj jednoznačne nevýhodný a prioritou musí byť vlastné spotrebovanie tejto energie. Cieľom bolo dosiahnuť akúsi rovnováhu medzi vstupnou investíciou, stupňom sebestačnosti a dobou návratnosti investície.



Znížením počtu batérií by bola pravdepodobne dosiahnutá kratšia doba návratnosti systému, vzhľadom na podstatné zníženie vstupnej investície. Toto zredukovanie navrhovaného systému by ale mohlo byť na úkor ostatných parametrov ako je podiel vlastnej spotreby a stupeň sebestačnosti domu.

Aby som toto tvrdenie overil na konkrétnych hodnotách, tak som svoj navrhnutý systém pozmenil v oblasti akumulácie energie. Zmenil som obsah batériového boxu z pôvodných 16 ks akumulátorov (4x4) na znížených 12 ks so zachovaním výstupného napätia 48V (4x12V) a zníženým prúdom 600 Ah (3x200Ah), pre C10 je to 495Ah (3x165). Tým klesla cena celkovej investície o 1850€ a pokles ceny pre 1kWp je 315€.

Tabuľka 6.2 *Vyhodnotenie navrhnutého FVS s počtom batérií 12 ks*

Podiel vlastnej spotreby	76,2	%
Stupeň sebestačnosti	69,4	%
Koeficient využitia zariadenia (PR)	68,1	%
Doba návratnosti investície	19,8	roky
Kumulatívny cashflow	4455,83	€

Následne som zmenil obsah batériového boxu z pôvodných 16 ks akumulátorov (4x4) na znížených 8 ks batérií zo zachovaním výstupného napätia 48V (4x12V) a zníženým prúdom 400 Ah (2x200Ah), pre C10 je to 330 Ah (2x165Ah). Tým klesla cena celkovej investície o 3700€ a pokles ceny pre 1 kWp je 630€.

Tabuľka 6.3 *Vyhodnotenie navrhnutého FVS s počtom batérií 8 ks*

Podiel vlastnej spotreby	69,0	%
Stupeň sebestačnosti	63,7	%
Koeficient využitia zariadenia (PR)	69,3	%
Doba návratnosti investície	18,4	roky
Kumulatívny cashflow	4998,02	€

Pre ešte väčšie zníženie vstupných nákladov, dosiahnuté prostredníctvom zníženia počtu akumulátorov a teda dostupnej kapacity pre ukladanie vyrobenej elektrickej energie, som vytvoril aj variantu obsahujúcu iba 4 kusy zvolených batérií Narada. Zníženie finančných nákladov oproti prvej variante je o 5550€ a zníženie ceny pre 1kWp je o 945€.

Tabuľka 6.4 *Vyhodnotenie navrhnutého FVS s počtom batérií 4 ks*

Podiel vlastnej spotreby	47,6	%
Stupeň sebestačnosti	45,8	%
Koeficient využitia zariadenia (PR)	72,9	%
Doba návratnosti investície	20	roky
Kumulatívny cashflow	2797,34	€



Z Tabuľky 6.4 je jednoznačne vidieť, že takýto systém už je veľmi neefektívny. Jeho návratnosť, 20 rokov, je podobná ako pri variante s 12 ks batérií, čo je akceptovateľné, avšak jeho charakteristické parametre, ako sú podiel vlastnej spotreby a dosiahnutý stupeň sebestačnosti vylučujú takúto investíciu ako výhodnú. Pri takomto znížení akumulácie kapacity systému je už priveľmi nízka vlastná spotreba a to znamená že sa prejavuje nízka výkupná cena energie a energia na vlastnú spotrebu je vo veľkej miere nakupovaná z DS.

Tabuľkami 6.2 a 6.3 som potvrdil predpokladané zmeny. So znižovaním použitých batérií sa síce znižovala celková finančná náročnosť investície, no keďže zároveň klesala akumulácia schopnosť systému, odzrkadlilo sa to na čoraz väčšom znižovaní parametrov opisujúcich kvalitu systému. Navyše takáto redukcia akumulácie kapacity dokázala znižovať celkovú dobu návratnosti za relatívne priateľného nízkeho zníženia parametrov kvality systému len do určitej miery. Pre Tabuľky 6.2 a 6.3 sú tieto predpoklady splnené a zníženie doby návratnosti nastáva pre prvú redukciu o 2 roky a pre druhú o viac ako 3 roky. Dalo by sa povedať, že s očakávanou zníženou investíciou je dosiahnutá nižšia návratnosť s mierne znižujúcimi sa parametrami kvality systému. No po výslednej finančnej analýze poslednej varianty (4ks batérií) je možné zhodnotiť, že pre takto veľké zníženie akumulácie schopnosti sa už systém javí ako nevýhodný z každého jedného ohľadu. Začína narastať doba návratnosti systému spolu so znižovaním kvality systému a to je neakceptovateľné.

Vzhľadom na tieto fakty je možné vyhodnotiť, že pre mnou navrhovaný systém je vhodné použiť viac ako 8 ks akumulátorov (ideálne 12 ks alebo 16 ks), nie však viac ako 16 kusov, pretože nastáva problém s príliš veľkým nárastom investície a neschopnosťou systému poskytnúť akceptovateľnú návratnosť. Parametre systému sa so zvyšujúcou akumuláciou schopnosťou pri použití viac ako 16 ks akumulátorov menia (zlepšujú) iba minimálne, neúmerne na zvýšení finančných investícií.

### 6.1.1 Financovanie navrhovaného FV systému

Všetky spomínané výpočty finančnej analýzy navrhovaného FVS sú uvažované pre pokrytie celkových finančných nákladov samotným investorom. Ako je však v tejto diplomovej práci viac krát spomenuté, je dnes veľmi priaznivá možnosť, udelenia finančnej podpory na FVS od štátu vo forme dotácií. Podrobnému rozboru týchto dotačných možností som sa venoval v 3. bode tejto diplomovej práce.

V tejto časti spravím finančnú analýzu vybraného navrhovaného FVS, spĺňajúceho všetky potrebné podmienky pre žiadanie príslušnej dotácie, už so započítaním tejto štátnej podpory do výpočtu.

Z možností uvedených dotačných titulov je možné využiť dotácie titulu Nová Zelená Úsporám (NZÚ), konkrétne podoblasť C.3.6 oblasti C (Efektívne využitie zdrojov), ktorá ponúka možnosť finančnej podpory vo výške až 100 000 Kč (4000 €), za splnenia nasledujúcich podmienok :

- Celkový využiteľný zisk v budove väčší alebo rovný  $3\,000 \text{ kWh} \times \text{rok}^{-1}$
- Minimálna miera využitia vyrobenej elektriny pre krytie spotreby v mieste výroby 70%
- Možná akumulácia prebytkov energie do teplej vody
- Povinná akumulácia prebytkov energie do elektrických akumulátorov
- Minimálna kapacita akumulátorov  $1,75/1,25 [\text{kWh} \times \text{kWp}^{-1}]$

Vzhľadom na tieto podmienky je vybraný variant navrhovaného FVS s použitím **12 kusov batérií**, pretože pre menší počet akumulátorov už systém nespĺňa požiadavku na využitie vyrobenej elektriny pre krytie spotreby v mieste výroby (min. 70%). Ostatné podmienky sú navrhnutým systémom zaistené a v prípade zarátania možnej dotačnej podpory by výsledná analýza vyzerala nasledovne:

Tabuľka 6.5 Vyhodnotenie zvoleného navrhnutého FVS z využitím dotácií C.3.6

Podiel vlastnej spotreby	76,2	%
Stupeň sebestačnosti	69,4	%
Koeficient využitia zariadenia (PR)	68,1	%
Doba návratnosti investície	14,2	roky
Kumulatívny cashflow	8455,83	€

Ako je možné vidieť v Tabuľke 6.5, vďaka využitiu štátnych dotácií NZÚ sa návratnosť systému zníži o 5,6 roka na konečných 14 rokov. Tento systém má však potenciál dosahovať aj prísnejšie kritéria pre splnenie podmienok oblasti C.3.7, ak by bolo zaistené obmedzenie prebytkov smerujúcich do DS, a tieto prebytky by boli využité napríklad na ohrev vody v akumulačnej nádrži. Túto možnosť poskytuje aj navrhovaný menič Victron MultiPlus, pričom by sa FV systém doplnil o tzv. Wattrouter, čo je programovateľný regulátor pre optimalizáciu vlastnej spotreby pre budovy disponujúce FVE. Tento regulátor optimalizuje využitie prebytkov energie vyrobenej FVS a tým zaisťuje značné zvýšenie podielu vlastnej spotreby elektrickej energie objektu a vyrobenej elektrickej energie FVE. Návratnosť samotného zariadenia sa pohybuje v závislosti na vyrobenej elektrickej energii rádovo v jednotkách mesiacoch (cca 5 mesiacov). Takýmto spôsobom by bolo navrhnutému systému umožnené využitie dotácie vo výške až 150 000 Kč (6 000€). V tomto prípade by bola doba návratnosti znížená na **11,4 roka**, čo hodnotím ako veľmi výhodné, vzhľadom na rozsah navrhovaného systému a jeho vplyv na konkrétny rodinný dom a taktiež na jeho prínos pre životné prostredie.



Obr. 6.1 Programovateľný regulátor pre optimalizáciu vlastnej spotreby (Wattrouter)

V tejto časti som teda dospel k záveru, že FVS s použitím 12ks akumulátorov (3x4) je najvýhodnejší s ohľadom na charakteristické parametre, dobu návratnosti a požiadavky NZÚ. Tento systém v ďalšej časti zapracujem do súboru opatrení pre zníženie ENB zadaného rodinného domu.

## 6.2 Porovnanie a zhodnotenie navrhnutých opatrení / variant

Pre porovnanie a zhodnotenie v tejto časti využívam varianty a opatrenia popisované v 1. časti tejto práce s doplnením FVS navrhnutého v 4. časti (Návrh FVE), za použitia vyššie vybraného batériového boxu s 12 kusmi batérií. Tento systém bude prezentovať opatrenie pre zníženie ENB s názvom „OP1“.

### 6.2.1 Zadávanie potrebných informácií pre finančnú analýzu:

V tejto časti som vypracoval ekonomickú analýzu jednotlivých opatrení a variant v programe VARIANTY spoločnosti DEKSOFT. Program vypočítal a porovnal všetky zadané opatrenia a varianty podľa predom zadefinovaných údajov. Jednalo sa najmä o údaje potrebné pre finančnú analýzu výhodnosti týchto riešení akými sú:

- Náklady na všetky typy energonosičov použitých v každom návrhu (Kč/kWh)
- Výkupnú cenu elektrickej energie (Kč/kWh)
- Investičné náklady pre každé opatrenie a variantu (tis. Kč)
- Rast investičných výdajov opatrení a variant (%)
- Ročnú zmenu nákladov na energie (po aplikovaní jednotlivých opatrení a variant) (tis. Kč)
- Ročný rast nákladov na energie (%)
- Ďalšie ekonomické parametre zadané v predchádzajúcich výpočtoch v programe ENERGETIKA.

### 6.2.2 Výsledky finančnej analýzy jednotlivých opatrení a variant:

Pre porovnanie jednotlivých návrhov na zníženie energetickej náročnosti je potrebné porovnávať špecifické významné hodnoty, dôležité pre výber najvýhodnejšej voľby. Na porovnanie týchto návrhov používame nasledujúce parametre :

- **Prostá doba návratnosti  $T_s$**  (v rokoch): je podielom investičných nákladov a zmeny nákladov

Podmienka : 
$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

- **Reálna doba návratnosti  $T_{sd}$**  (v rokoch): zohľadňuje aj budúci vývoj cien a vplyv diskontovania

Podmienka : 
$$\sum CF_t \cdot (1 + r)^{-t} - IN = 0$$

- **Vnútorne výnosové percento IRR (%)**: je výnos investície v pri uvažovaní zmien v čase

Podmienka : 
$$\sum CF_t \cdot (1 + IRR)^{-t} - IN = 0$$

- **Čistá súčasná hodnota NPV**: vyjadruje budúce prínosy projektu prepočítané na súčasnú hodnotu peňazí

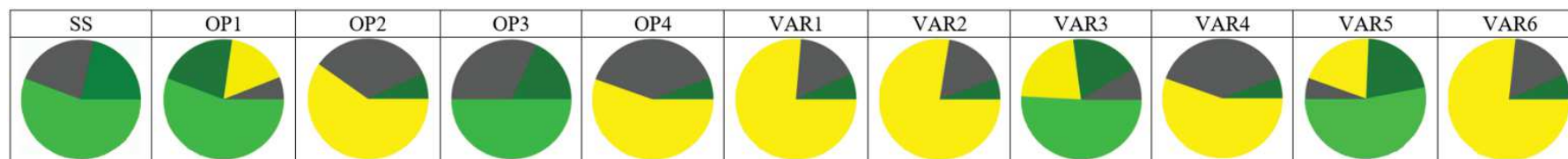
Podmienka : 
$$NPV = \sum_{t=1}^{T_{ziv}} CF_t \cdot (1 + r)^{-t} - IN$$

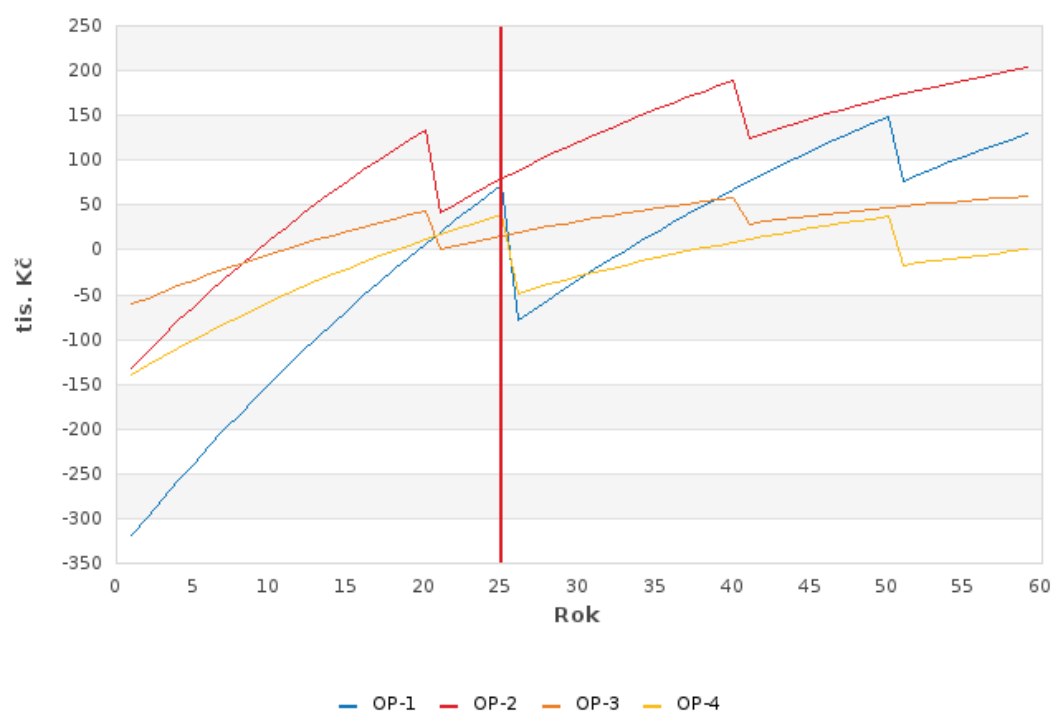
Vzhľadom k širokému rozsahu výsledných faktorov umožňujúcich porovnanie jednotlivých riešení som vyhotovil tabuľku (Tabuľka 6.6), ktorej účel je prehľadne porovnať všetky navrhnuté opatrenia a varianty s tými najdôležitejšími hodnotami z ekonomických a ekologických pohľadov.

Tabuľka 6.6 Porovnanie jednotlivých opatrení a variant so stávajúcim stavom (SS)

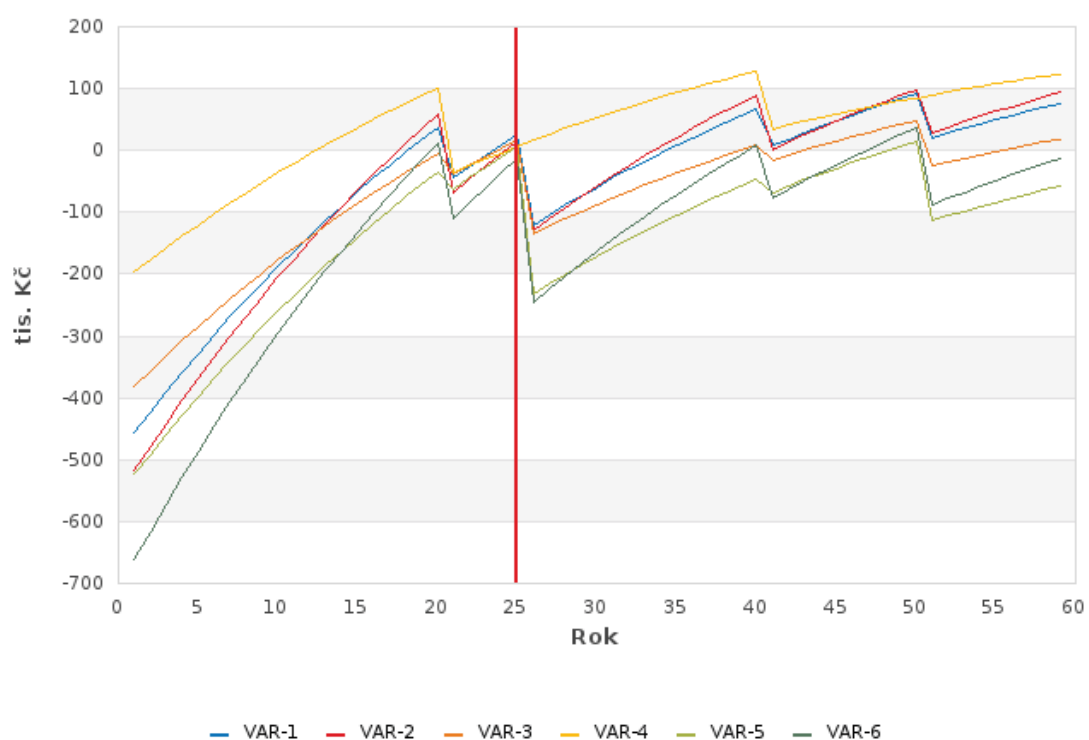
PARAMETRE PRE POROVNANIE	jednotky	exist. stav	OPATRENIA				VARIANTY					
		SS	OP1	OP2	OP3	OP4	VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5	VAR6
Celková dodaná energia	(kWh/m <sup>2</sup> .a)	116,7	116,7	97,9	89,3	102,8	97,9	76,3	93,3	76,3	75,3	63,8
Celková primárna neobnovit. energia	(kWh/m <sup>2</sup> .a)	95,1	5,4	98,7	96,2	66,4	9,1	0	7,2	89,7	-13,5	-4,3
Celkové ročné náklady na energiu	(tis. Kč)	40,8	25,1	27,4	36,1	32,3	14,4	11,1	20,5	24,6	15,4	9,2
Doba životnosti opatrenia	(rokov)	-	25	20	20	25	podľa OP	podľa OP	podľa OP	podľa OP	podľa OP	podľa OP
Doba hodnotenia	(rokov)	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Investičné výdaje opatrenia	(tis. Kč)	-	340	150	68	150	490	558	408	218	558	708
Zmena ročných nákladov na energiu	(tis. Kč)	-	-21,1	-18,4	-7,2	-10,5	-34,4	-40,1	-26,2	-20,7	-34,5	-46,8
Prostá doba návratnosti	(roky)	-	17	9	10	15	15	14	16	11	17	16
Reálna doba návratnosti	(rokov)	-	20	10	11	19	19	18	24	13	25	20
Vnútorné výnosové percento	(%)	-	5,93	12,0	8,23	6,44	4,64	4,35	4,45	4,70	4,14	3,77
Čistá súčasná hodnota	(tis. Kč)	-	72	79	16	39	26	15	17	6	7	-13

### PODIEL ENERGOONOSITEĽOV NA DODANEJ ENERGII





Obr. 6.2 Diskontované Kumulované Cash Flow opatření 1-4



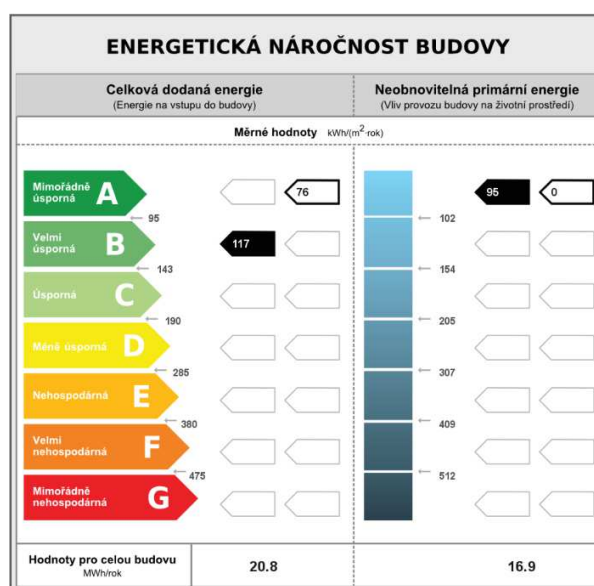
Obr. 6.3 Diskontované kumulované Cash Flow variant 1-6

### 6.2.3 Vyhodnotenie navrhovaných opatrení a variant:

Na základe tabuľky a porovnávacích grafov navrhovaných opatrení a variant (obr. 6.2. a 6.3) som dokázal vyhodnotiť najefektívnejšie spôsoby zníženia spotreby s ohľadom na ich návratnosť. Pri porovnávaní jednotlivých faktorov vypočítaných v Tabuľke č.6.6 môžeme vidieť viaceré navrhované varianty a opatrenia ako najvýhodnejšie keďže každé z týchto riešení môže zvýhodňovať iný porovnávací faktor. Mojim finálnym rozhodovaním boli zvažované najmä varianty VAR1, VAR2 a VAR4. Každá z týchto variant je z určitého hľadiska najlepším riešením. Varianta VAR1 disponuje najlepšou čistou súčasnou hodnotou. Varianta VAR4 disponuje najnižšími investičnými nákladmi a najnižšou prostou a reálnou dobou návratnosti investície. No napriek týmto významným faktorom prezentujúcim VAR1 a VAR4 som vyhodnotil ako najlepšiu variantu práve VAR2 a to z viacerých dôvodov akými sú :

- Nulová zložka primárnej neobnoviteľnej energie po realizácii varianty
- Minimálne ročné náklady na energiu po realizácii varianty (maximálne zníženie nákladov)
- Veľmi priaznivá doba návratnosti napriek vstupným investičným nákladom varianty
- Varianta v sebe spája ohľad na životné prostredie (FVE), zároveň s ohľadom na zdravie osôb (NV), keďže dopomáha k priaznivejšej (riadenej) výmene vzduchu v budove.
- Ako jedna z celkovo dvoch variant posúva budovu z pohľadu celkovej dodanej energie do energetickej triedy „A“ bez zvýšenia zložky primárnej neobnoviteľnej energie (zníženie na hodnotu 0). Druhou takouto variantou je VAR6, no tá sa do finálneho výberu nedostala, kvôli iným nedostatočným výsledkom podľa Tabuľky č.6.6

Výberom tejto varianty som teda dosiahol z môjho pohľadu najvýhodnejšie riešenie pre zníženie ENB. Túto variantu som v poslednom kroku pripojil k súboru stávajúceho stavu v programe ENERGETIKA do časti „Navrhované opatrenia“. Program automaticky po opätovnom výpočte pripojil výsledky vplyvu varianty VAR2 do výstupov stávajúceho stavu. V čele týchto výstupov stojí štítok energetickej náročnosti, v tomto prípade už obsahujúci výsledky energetickej náročnosti stávajúceho stavu s pridaním stavu po realizácii navrhovanej varianty (Obr. 6.4).



Obr. 6.4 PENB stávajícího stavu so stavom po realizácii opatrenia



UKAZATELE ENERGETICKE NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{\text{em}}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Díleč dodané energie		Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)			
Mimořádně úsporná							
A		41.9					
B	0.29 0.29	81.8					
C						25.7 23.2	9.2 9.2
D							
E							
F							
G				2.0			
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		14.6				4.6	1.6

Obr. 6.5 Ukazatele ENB stávajícího stavu s navrhovaným stavem

Všetky investičné výdaje a výpočty súvisiace s navrhovanými variantami boli uskutočnené bez ohľadu na možnosti využitia dotácií štátu určených pre tieto účely. Využitie takýchto možností bude mať podstatný vplyv na doby návratností a porovnania opatrení a variant z ekonomického hľadiska. Záverom tohto porovnania je výber najvhodnejšej varianty (VAR2) s ohľadom na ENB. Možnosti využitia štátnej dotácie pre túto variantu popisujem v nasledujúcej časti.

### 6.3 Porovnanie a zhodnotenie zvolenej varianty s využitím dotácií NZÚ

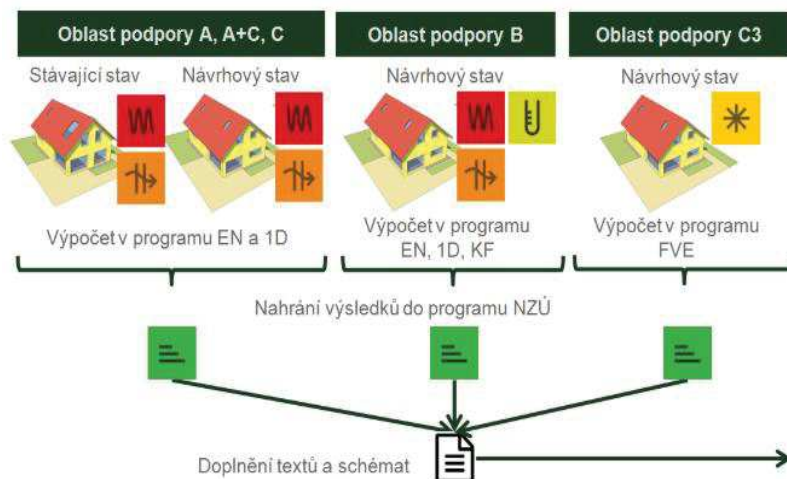
Podmienky pre využitie štátnych dotácií som podrobne popisoval v 3. časti tejto práce. V tejto časti som vybral a následne overil možnosti využitia dotácií pre navrhovanú variantu VAR2 vedúcu k zníženiu ENB rodinného domu.

Jedná sa o dotácie poskytnuté prostredníctvom dotačného programu NZÚ v oblasti C - efektívne využitie zdrojov energie. Konkrétne možné využiteľné podoblasti sú C.2.5, C.3.7 a C.4.1. Každá z týchto 3 podoblastí sa týka jedného z 3 opatrení zlúčených vo vybranej variante VAR2. Jedná sa o podporu pre inštaláciu FVS (OP1), výmenu zdroja tepla (OP2) a inštaláciu riadeného vetrania zo spätným získavaním tepla (OP3).

Použil som opäť software od spoločnosti DEKSOFT z názvom „NZÚ“ čo je software špeciálne vyvinutý na tvorbu kompletnej dokumentácie 3. výzvy pre rodinné domy a 2. výzvy pre bytové domy. Po zvolení požadovaných podoblastí, ktorých sa má navrhovaný stav týkať, som do programu importoval stávajúci stav vypočítaný v programe ENERGETIKA (1.časť práce), a taktiež novo vypočítaný navrhovaný stav po aplikácii zvolenej varianty (VAR2) na zníženie ENB rodinného domu.

V programe NZÚ bolo nutné vyplniť informácie od identifikačných údajov, cez popis systémov stávajúceho stavu až po bližšie definície jednotlivých opatrení zlúčených vo variante VAR2. V poslednej karte „záverečné vyhodnotenie“ je možné si overiť splnenie požiadaviek zvolených podoblastí, prezentované už konkrétnymi hodnotami. Tieto požadované hodnoty sú porovnávané s hodnotami vypočítanými po aplikovaní týchto opatrení. Ak teda vypočítané parametre zodpovedajú hodnotám v rozsahu stanovených podporovaných oblastí a podoblastí, je v poslednom stĺpci tabuľky vyhodnotenie formou jednoznačného ANO/NIE (obr. 6.7). Výstupný protokol obsahuje informácie ako

sú dôležité údaje z programu ENERGETIKA pre stávajúcí stav a navrhovaný stav a taktiež protokol z programu FVE opisujúci definovaný FVS zodpovedajúci systému navrhovanému v programe PV SOL. Výstup z programu NZÚ je súčasťou prílohy A.



Obr. 6.6 Postup tvorby energetického hodnotenia NZÚ v software DEKSOFT

Podoblast podpory	Sledovaný parametr	Jednotka	Požadavek	Vypočtená hodnota	Splnění podmínek poskytnutí podpory
C.2	Měrná roční potřeba tepla na vytápění	[kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	≤ 150	50	ANO
C.3.7	Instalovaný výkon systému	kWp	≤ 10	5,8725	ANO
	Míra využití pro krytí spotřeby v místě výroby	%	70	100	ANO
	Minimální využitelný zisk v budově	kWh.rok <sup>-1</sup>	≥ 4000	5 331	ANO
	Minimální měrná kapacita akumulátoru	kWh.kW <sub>p</sub> <sup>-1</sup>	≥ 1.75	4,90	ANO
C.4.1	Procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla na vytápění oproti stavu před realizací opatření	[%]	20	36	ANO
	Účinnost zpětného zisku tepla	[%]	75	77	ANO
	Průvzdušnost obálky budovy po dokončení stavby n <sub>50</sub>	[1.h <sup>-1</sup> ]	≤ 2,5	1,0 *	ANO

Obr. 6.7 Vyhodnotenie splnenia požiadaviek podoblastí dotácie z programu „NZÚ“

Po overení splnenia všetkých predpísaných požiadaviek titulu NZÚ, môžeme do ďalšej finančnej analýzy zapracovať už aj využitie príslušných dotácií. Pre vybrané dotačné podoblasti sa jedná o finančné podpory stanované nasledovne:

Tabuľka 6.7 Finančná podpora pre navrhované opatrenia poskytnutá prostredníctvom NZÚ

Typ podpory	Typ systému / Typ zdroja	Výška podpory [Kč]
Podoblast' podpory C.3.7	FVS s akumuláciou el. energie a celkovým využitelným ziskom $\geq 4\,000 \text{ kWh} \times \text{rok}^{-1}$	150 000
Podoblast' podpory C.2.7	Tepelné čerpadlo zem-voda	80 000
Podoblast' podpory C.4.1	Centrálny systém riadeného vetrania so spätným získavaním tepla	100 000

V Tabuľke 6.7 môžeme vidieť maximálnu možnú finančnú podporu pre inštaláciu navrhovaných opatrení. V podmienkach pre získanie podpory NZÚ v rámci 3 výzvy k podaniu žiadosti je však zakotvená aj podmienka, že maximálna miera tejto podpory môže byť najviac 50% zo spôsobených investičných výdajov opatrení. Maximálna čiastka tejto podpory v korunách je na úrovni 350 000 Kč. S prihliadnutím na tento fakt, som vypočítal maximálnu možnú finančnú podporu t.j. 50% z celkových investičných nákladov. Už z Tabuľky 6.6 vieme, že finančná náročnosť VAR2 je 558 000 Kč. Maximálna výška podpory bude teda predstavovať 279 000 Kč a bude rozložená nasledovne:

Tabuľka 6.8 Rozpis využitých dotácií NZÚ a ich vplyv na celkové náklady opatrení

Opatrenie	Náklady bez dotácie	Využitie dotácie	Náklady po dotácii
	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Fotovoltaický systém	340 000	150 000	190 000
Tepelné čerpadlo	150 000	80 000	70 000
Nútené vetrania	68 000	49 000	19 000
Celkové náklady opatrení	558 000	279 000	279 000

Tým som dostal investičné náklady znížené o využité dotácie navrhovaných opatrení združených vo VAR2.

V poslednej časti tohto bodu porovnávam výsledky finančnej analýzy vypočítané pre zvolenú variantu „VAR2“ (zapísané v Tabuľke 6.6) s novou finančnou analýzou pre „VAR2“ zahrňajúcou využitie finančnej podpory príslušných vyššie zmieňovaných dotácií programu NZÚ. Porovnanie je vidieť v Tabuľke 6.9

Tabuľka 6.9 Porovnanie finančnej analýzy pre VAR2 bez využitia dotácií a s využitím dotácií

	jednotky	VAR2 (bez využitia dotácií)	VAR2 (s využitím dotácií)
Celková dodaná energia	(kWh/m <sup>2</sup> .a)	76,3	76,3
Celková primárna neob. en.	(kWh/m <sup>2</sup> .a)	0	0,0
Celkové ročné nákl. na en.	(tis. Kč)	11,1	11,1
Doba životnosti opatrenia	(rokov)	podľa OP	podľa OP
Doba hodnotenia	(rokov)	25	25
Investičné výdaje opatrenia	(tis. Kč)	558	558
Výška dotácie	(tis. Kč)	0	279
Konečné výdaje opatrenia	(tis. Kč)	558 - 0 = 558	558 - 279 = 279
Zmena ročných nákladov na en	(tis. Kč)	-40,1	-40,1
Prostá doba návratnosti	(roky)	14	7
Reálna doba návratnosti	(rokov)	18	8
Vnútné výnosové percento	(%)	4,35	17,1
Čistá súčasná hodnota	(tis. Kč)	15	382

V Tabuľke 6.9 je vidieť vplyv finančnej podpory v podobe dotácií na vybranú variantu pre zníženie ENB. Po zapracovaní týchto dotačných podoblastí došlo k zníženiu prostej doby návratnosti pre VAR2 z počiatočných 14 rokov na konečných 7 rokov.

Na záver tohto porovnania môžem zhodnotiť, že varianta VAR2 je vhodná pre požadované zníženie energetickej náročnosti a zároveň je veľmi priaznivá z pohľadu finančných parametrov a možnosti čerpania poskytovaných dotácií programu Nová Zelená Úsporám.

## Záver

Cieľom diplomovej práce bolo vytvorenie projektovej dokumentácie budovy so zameraním na zníženie energetickej náročnosti. Pre vytvorenie dokumentácie som zvolil konkrétny rodinný dom, ktorý je obývaný 4 osobami a nachádza sa v Moravsko-sliezskom kraji v Českej republike. K rodinnému domu som obdržal podklady a informácie od majiteľa nehnuteľnosti, týkajúce sa stavebných a technických riešení budovy a jej používaných systémov. K finálnemu spracovaniu technickej dokumentácie som musel najskôr analyzovať zvolený rodinný dom z pohľadu energetickej náročnosti. Vypracovaním PENB som zistil aktuálny stav rodinného domu a jeho energetickú náročnosť spolu s informáciami o všetkých systémoch, potrebách a spotrebách tohto objektu.

Ďalším bodom diplomovej práce bolo zlepšiť súčasný stav s čo najefektívnejším návrhom systémových opatrení pre zníženie ENB s prihliadnutím na finančnú stránku takýchto opatrení. Po dôslednom výbere vhodných opatrení pre zníženie ENB som zaznamenával vplyvy týchto opatrení na už vyhotovený PENB. Na výpočty a návrhy zníženia ENB som využíval on-line software od spoločnosti DEKSOFT. Na prácu s programom DEKSOFT, bolo potrebné si najskôr dostatočne naštudovať dostupné manuály k celému softwarovému balíčku tejto spoločnosti, a to najmä manuál k programu ENERGETIKA. Ďalšie časti diplomovej práce boli zamerané na legislatívne požiadavky súvisiace s pripojením FVS do DS, rozdelenie FVS, ochranu pred bleskom a prepätím a na dotačné príležitosti pre FVS. Tieto časti majú teoretický charakter a ich základným cieľom bolo osvojenie si poznatkov ohľadom noriem, zákonov, vyhlášok a poskytovania dotácií pre FVS.

Veľmi dôležitou časťou mojej diplomovej práce bolo navrhnúť FVS pre vybraný rodinný dom. Z tohto dôvodu som sa rozhodol si zakúpiť študentskú verziu programu PV SOL spoločnosti VALENTIN, ktorej platnosť je obmedzená na dobu 180 dní. Počas práce s týmto softwarom som sa oboznamoval so všetkými dostupnými funkciami programu, ktoré som čerpal z veľmi rozsiahlych manuálov programu. Mojim cieľom bolo túto časovo obmedzenú verziu využiť pre vlastný návrh FVS v maximálnom možnom rozsahu. Program mi po dokončení návrhu poskytol výstup zahŕňajúci všetky dôležité časti tohto návrhu. Výstup z programu je vhodné použiť ako prezentáciu, napr. pri konzultácii s investorom takéhoto systému.

Hlavným bodom tejto práce bolo vytvorenie kompletnej a ucelenej projektovej dokumentácie zvoleného rodinného domu. Počas spracovávaní projektovej dokumentácie som navrhoval a vytvoril špecifické riešenia, ktoré jednoznačne a prehľadne zahŕňali všetky potrebné informácie dôležité pre účely tejto dokumentácie. Jednou z takýchto častí bola najmä výkresová dokumentácia svetelných elektrických rozvodov rodinného domu, kde bolo potrebné navrhnúť jedinečný riadiaci modul a vytvoriť väzby a spôsoby napojení tohto modulu na zvyšok osvetľovacej sústavy spolu s ovládacími prvkami. Spolu s touto dokumentáciou som vyhotovil aj samostatnú projektovú dokumentáciu navrhovaného FVS, ktorá má slúžiť ako podklad, pre prípadnú realizáciu tohto systému.

V poslednej časti práce som sa venoval vytvoreniu prehľadného porovnania energetických a ekonomických parametrov navrhovaných opatrení a variant vedúcich k zníženiu energetickej náročnosti rodinného domu. Cieľom bolo vyhodnotiť použitie najvýhodnejšieho FVS z popisovaných variant týkajúcich sa zmien v akumulačnej oblasti a práve tento vybraný FVS zapracovať ako opatrenie do väčšieho celku akým je systém opatrení a variant podrobne rozoberaných v prvej časti práce. Opatrenia pre zníženie ENB sú celkovo štyri a ich vzájomným kombinovaním vznikajú varianty pre dosiahnutie ešte väčšieho zníženia ENB. Týmto postupom som vytvoril 6 variant obsahujúcich rôzne kombinácie jednotlivých opatrení a pozoroval som ich vplyv na energetiku danej budovy s prihliadnutím na ich ekonomickú stránku. Takto navrhnuté varianty a opatrenia som porovnal z hľadiska

energetických a ekonomických parametrov za pomoci programu VARIANTY spoločnosti DEKSOFT a vyhodnotil najvhodnejšie opatrenia. Pre najvýhodnejšiu variantu opatrení som spracoval kompletnú finančnú analýzu pre prípad financovania plnej sumy opatrenia majiteľom, ako aj pre prípad využitia možností dotácií z programu NZÚ. V závere tejto časti je vytvorené porovnanie financovania týchto dvoch prípadov, z ktorého je možné posúdiť veľmi priaznivú podporu štátu pre znižovanie ENB rodinných domov a pre zvyšovanie nezávislosti jednotlivých objektov.

Takýto prístup štátu vedie aj k ekologickejšiemu zaobchádzaniu so životným prostredím a dopomáha tak k zdravšiemu životu samotných obyvateľov. Podobnými podpornými programami, ako je NZÚ, pre vytváranie nezávislých budov a realizáciu vlastných zdrojov elektrickej energie, je dosiahnutý omnoho plynulejší prechod na nevyhnutné zmeny očakávané v budúcnosti svetovej energetiky.

Ciele stanovené pre vypracovanie tejto diplomovej práce môžem hodnotiť ako splnené. Podarilo sa mi znížiť energetickú náročnosť zvoleného rodinného domu, navrhnúť FVE a vytvoriť kompletnú projektovú dokumentáciu. Zároveň som vytvoril ekonomickú analýzu a použil dotačné možnosti pre financovanie navrhovanej varianty s FVS.

Najväčším osobným prínosom pre mňa bolo osvojenie si profesionálnych programov ako sú PV SOL a DEKSOFT. Keďže takéto programy využívajú špecialisti v daných oblastiach, ako sú napríklad „Energetický špecialista“ alebo „Fotovoltaický expert“, mal som možnosť oboznámiť sa postupmi a činnosťami, ktoré si ich práca vyžaduje. Napriek úspešnému dokončeniu stanovených cieľov absolvovaním potrebných postupov krok po kroku, si však uvedomujem aj chýbajúce znalosti v daných smeroch. A preto prínosom je pre mňa aj vzbudenie záujmu o zdokonaľovanie sa v smere energetiky budov a FVS budov v budúcnosti.

## Zoznam použitej odbornej literatúry

- [1] HASELHUHN, R.: *Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu*, Ostrava: HEL, 2011. ISBN 978-80-86167-33-6
- [2] VAVERKA, J.: *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Nakladatelství VUTIUM, 2006. ISBN 8021429100
- [3] TZB-info. Budovy s téměř nulovou spotřebou – porovnání energetických standardů [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie>
- [4] ePrukaz.cz. Prukaz energetické náročnosti [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.eprukaz.cz/meli-byste-vedet.html>
- [5] DEKSOFT. Programy DEKSOFT [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://deksoft.eu/programy/index>
- [6] TZB-info. Neobnovitelná primární energie [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapani/16491-neobnovitelna-primarni-energie>
- [7] AKIRE. Tepelný výměník, který šetří Vaše finance [online]. [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://akire.cz/produkty/akiretherm/>
- [8] Czech Nature Energy. Legislativa pre fotovoltaické elektrárne [online]. [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <http://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/legislativa-fotovoltaiky/>
- [9] Zákony pro lidi. Zákon o hospodaření energií [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>
- [10] Zákony pro lidi. Vyhláška č.16/2016 Sb. [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-16>
- [11] Nová zelená úsporám. Nabídka dotací [online]. [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/>
- [12] Energia zo slnka. Fotovoltaické systémy [online]. [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: [https://www.ezos.sk/fotovoltaicke\\_systemy\\_solarne\\_systemy.html](https://www.ezos.sk/fotovoltaicke_systemy_solarne_systemy.html)
- [13] Merz, H., Hansemann, T., Hubner Ch.: *Automatizované systémy budov*, Grada Publishing a.s., Praha, 2009, ISBN 978-80-247-2367-9
- [14] KLIMŠA D.: *Vnější a vnitřní ochrana před bleskem*. IN-EL, spol. s r.o., 2014, ISBN 978-80-86230-99-3
- [15] ČSN EN 62305-1 Ochrana před bleskem – Část 1: Obecné principy
- [16] ČSN EN 62305-2 Ochrana před bleskem – Část 2: Řízení rizika
- [17] ČSN EN 62305-3 Ochrana před bleskem – Část 3: Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života
- [18] ČSN EN 62305-4 Ochrana před bleskem – Část 4: Elektrické a elektronické systémy ve stavbách



# **Zoznam príloh**

## Príloha A - DEKSOFT

- Príloha A.1 – Výstupy z programu ENERGETIKA
- Príloha A.2 – Výstupy z programu FVE
- Príloha A.3 – Výstupy z programu VARIANTY
- Príloha A.4 – Výstupy z programu NZÚ

## Príloha B – Projektová dokumentácia

- Príloha B.1 – Projektová dokumentácia rodinného domu
- Príloha B.2 – Projektová dokumentácia Hybridného FV systému

## Príloha C – PV SOL

## Príloha D – PV GIS

## Príloha E – Katalógové listy zvolených komponentov